Pz 3835

ISSN 0395—7217

Juin 1990
Trimestriel

fascicule 2

BULLETIN D'ÉCOLOGIE

BIBL. DU MUSEUM PARIS

Tome 21

SOCIÉTÉ D'ÉCOLOGIE

(reconnue d'utilité publique par décret du 31 mars 1976)

Bureau pour l'année 1990 :

Président : P. OZENDA, Botanique et Biologie Végétale, Université de Grenoble, B.P. 68, 38402 Saint-Martin-d'Hères Cedex. Tél. : 76.90.11.94

Vice-Présidents : F. RAMADE, Laboratoire de Zoologie, Université Paris-Sud, 91405 Orsay Cedex. Tél. : 69.41.78.96

D. BELLAN-SANTINI, Centre d'Océanologie de Marseille, Station Marine d'Endoume, rue Batterie des Lions, 13007 Marseille. Tél. : 91.04.16.33 - Fax : 91.04.16.35

Présidents honoraires : G. LEMEE, P. GRISON, J.A. RIOUX, Cl. DELAMARE DEBOUTEVILLE, G. RICOU, M. LAMOTTE.

Secrétaire Général : P. JOUVENTIN, C.E.B.A.S.-C.N.R.S., Villiers en Bois, 79360 Beauvoir-sur-Niort. Tél. : 49.09.61.11 - Fax : 49.09.65.26

Secrétaire-Général adjoint : E. GARNIER SILLAM, Université Paris XII. Laboratoire de Biologie des Populations et de Zoologie, Biologie des Eaux et des Sols, avenue du Général de Gaulle, 94000 Créteil. Tél. : 48.98.91.44

Trésorier : H. MAURIN, Secrétariat de la Faune et de la Flore, Muséum National d'Histoire Naturelle, 57, rue Cuvier, 75231 Paris Cedex. Tél. : 40.79.32.74 - Fax : 43.36.13.39

Trésorier ajoint : A. CANARD, Université de Rennes I, Laboratoire de Zoologie et Ecophysiologie, avenue du Général Leclerc, 35042 Rennes Cedex. Tél. 99.28.61.56

Chargés de mission :

P. JULVE, Station Internationale de Phytosociologie, Haendries, 59270 Bailleul. Tél. : 28.49.00.83

P. LAGAUTERIE, D.R.A.E. Haute Normandie, Immeuble Blaise Pasca, 22, place Gadeau de Kerville, 76100 Rouen. Tél. 35.72.44.33

S. MULLER, Botanique et Ecologie Végétale, Institut National Agronomique, 16, rue Claude Bernard, 75230 Paris Cedex 05. Tél. : 40.37.15.50

Bulletin d'Écologie :

Directeur de la publication : P. BLANDIN, Laboratoire d'Ecologie Générale, M.N.H.N., 4, avenue du Petit Château, 91800 Brunoy.

Fabrication du Bulletin : R. DAJOZ, Laboratoire d'Ecologie Générale, M.N.H.N., 4, avenue du Petit Château, 91800 Brunoy. Tél. : 60.46.48.51

Conseil pour l'année 1990 :

BARBAULT R., Laboratoire de Zoologie, Ecole Normale Supérieure, 46, rue d'Ulm, 75230 Paris Cedex. Tél. : 43.29.12.25

BELLAN SANTINI D. (adresse ci-dessus).

BONIN G., Université de Provence, Centre St. Jérôme, Biosystématique et Ecologie Méditerranéenne, avenue E. Normandie Niemen, 13397 Marseille Cedex. Tél. : 91.28.84.37 - Fax : 91.02.05.50

CANARD A. (adresse ci-dessus).

CANCELA DA FONSECA J.P., Laboratoire de Biologie Végétale et d'Ecologie Forestière, route de la Tour Dénecourt, 77300 Fontainebleau. Tél. : 64.22.37.40

CARTON Y., Laboratoire de Biologie et Génétique Évolutive, C.N.R.S., 91198 Gif-sur-Yvette. Tél. : 69.82.37.11

CORRE J.J., Laboratoire de Systématique et Géobotanique Méditerranéenne, Institut de Botanique, 163, rue Auguste Broussonet, 34060 Montpellier Cedex. Tél. 67.63.17.93

DELPECH R., 1 rue Henriette, 92140 Clamart. Tél. : 90.95.00.32 -90.30.70.79

ELKAIM B., Laboratoire d'Hydrobiologie, Université Pierre et Marie Curie, 12, rue Cuvier, 75002 Paris. Tél. : 43.36.25.25

GARNIER SILLAM E. (adresse ci-dessus)

GILLET P., Laboratoire de Zoologie et Ecologie Marine, 3, place André Leroy, B.P. 808, 49005 Angers Cedex.

GIRARD C., Botanique-Ecologie Végétale, Institut Nationale Agronomique, 78850 Thiverval Grignon. Tél. : 30.54.45.10 - Fax : 30.54.94.54

GRENOT C., Laboratoire de Zoologie, Ecole Normale Supérieure, 46, rue d'Ulm, 75230 Paris Cedex 05. Tél. : 43.29.12.25

GUELORGET O., Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Laboratoire d'Hydrobiologie Marine, place E. Bataillon, 34060 Montpellier Cesdex. Tél. : 67.63.91.44

JEANSON C., Laboratoire d'Ecologie Générale, M.N.H.N., 4, avenue du Petit Château, 91800 Brunoy. Tél. : 60.46.48.41

JOUVENTIN P. (adresse ci-dessus)

JULVE P. (adresse ci-dessus)

LAGAUTERIE (adresse ci-dessus)

LAZARE J.J. Centre d'Ecologie Montagnarde de Gabas, 64440 Laruns. Tél. : 59.05.32.11

MAURIN H. (adresse ci-dessus)

MULLER S. (adresse ci-dessus)

OZENDA P. (adresse ci-dessus)

PAUTOU G., Botanique et Biologie Végétale, Université de Grenoble, B.P. 68, 38402 St. Martin-d'Hères Cedex. Tél. : 75.51.46.00

RAMADE F. (adresse ci-dessus)

TESTARD P., Département de Biologie, Ecole Normale Supérieure, 46, rue d'Ulm, 75230 Paris Cedex 05. Tél. : 43.29.12.25

TREHEN P., Station Biologique de Paimpont, 35380 Plélan le Grand. Tél. : 99.07.81.81

B 3835

Juin 1990
Trimestriel

fascicule 2

BULLETIN D'ÉCOLOGIE

BIBLIOTHÈQUE MUSÉUM PARIS

SOCIÉTÉ d'ÉCOLOGIE
Reconnue d'utilité publique par décret du 31 mars 1976
SECRÉTARIAT GÉNÉRAL
C/O Secrétariat «Faune Flore»
57, rue Cuvier, 75231 PARIS Cedex 05
Tél. 336.54.32

Tome 21

Bibliothèque Centrale Muséum
3 3001 00041555 3

BULLETIN D'ÉCOLOGIE

— Tome 21 — N° 2 — Juin —

SOMMAIRE

Paul PESSON (1911-1989) 81

A. MERZOUKI, P. LOSSAINT. — L'impact du déboisement sur le compartiment «matière organique» d'un sol rouge méditerranéen 83

J. SEVRIN-RAYSSAC. — Utilisation du sulfate de cuivre et de la simazine dans les étangs de pisciculture. Actions sur la faune conditionnant le rendement piscicole 89

C. BRUNEL, E. BRUNEL, S. FRONTIER. — Structure spatio-temporelle d'un peuplement de Diptères Dolichopodidae le long d'un transect culture/coteau calcaire/vallée humide (vallée de la Somme) 97

Résumés de thèses 119

Analyses d'ouvrages 121

Tribune : Quelques conseils pour écrire un article scientifique en Anglais 129

CONTENTS

Paul PESSON (1911-1989) 81

A. MERZOUKI, P. LOSSAINT. — Clear cutting impact on the organic matter in a red Mediterranean soil 83

J. SEVRIN-RAYSSAC. — The use of copper sulfate and simazine in fish ponds. Effects on the fauna influencing fish production 89

C. BRUNEL, E. BRUNEL, S. FRONTIER. — Spatio-temporal structure of populations of Dolichopodidae Diptera along a transect cultivated field/limestone slope/wet bottom (Some river, France) 97

Summary of thesis 119

Book reviews 121

C. Patrick DONCASTER. — Advice to French speakers on writing a scientific article in English 129

Paul PESSON (1911-1989)

Paul PESSON, Professeur honoraire de l'Institut National Agronomique, ancien Directeur du Laboratoire de Zoologie de cet établissement, ancien Président de la Société Entomologique de France, de la Société Zoologique de France, de la Société d'Ecologie, récent Président de l'Académie d'Agriculture, nous a quitté le 19 octobre 1989.

Professeur, Paul PESSON, aimait et savait communiquer ses connaissances, autant dans ses cours que pendant les excursions ou dans les discussions avec ses élèves. Brillant orateur, clair et doué d'une voix bien timbrée et harmonieuse, il savait tenir son public en haleine. Étonnant dessinateur, il jouait au tableau des craies pour esquisser une silhouette, placer des ombrés, utiliser les couleurs, sachant rendre formes et volumes très rapidement, avec une extraordinaire clarté et beaucoup de dextérité.

En excursion, se révélait son enthousiasme naturaliste, son acuité d'observateur et l'amplitude de ses connaissances. Bon marcheur, toujours en tête du groupe, toujours actif, son observation et sa quête s'exerçaient sereines et continues, sans baisse d'intérêt ni lassitude apparente. Il était particulièrement attentif dans l'exploration des végétaux, habile à repérer galles, dégâts, traces, écorçant les troncs, battant branches et feuillages, grattant la litière, fouillant le sol. Au milieu des étudiants de 3ème cycle d'Entomologie de Paris, je fus fréquemment témoin de son talent d'animateur de groupe, de sa patience et de son enthousiasme pour faire découvrir et transmettre ses connaissances aux jeunes. Je témoigne également de son sens de la fantaisie, de son goût de la vie. Tous les étudiants de la promotion 1966 se souviennent sans doute d'un séjour au Mont Aigoual et d'un certain bal costumé. Ils se rappellent également des excursions animées, des refrains satyriques et lestes, parfois féroces, toujours plein d'humour, caricaturant enseignants comme enseignés mais dans un climat de sympathie.

Au Laboratoire, Paul PESSON fut un enseignant attentif, toujours disponible. J'ai souvent participé à certaines discussions avec «ses» étudiants français ou étrangers. J'ai mesuré sa capacité d'écoute et d'analyse des idées émises, de suggérer des solutions originales, son aptitude à manifester une aide compréhensive, à faire le geste de sympathie, à donner l'encouragement précieux si nécessaire dans le difficile apprentissage à la recherche. Beaucoup d'étudiants, étrangers en particulier, ont profité de cette formation au jour le jour, de ces indications permettant d'acquérir le geste juste, de dominer la technique, d'éviter l'écueil, pour continuer ou repartir vers une nouvelle direction.

Comme Directeur du Laboratoire de Zoologie de l'Institut National Agronomique, Paul PESSON fut un «patron» actif et efficace qui sut faire vivre et progresser «son» Laboratoire. Heureux dans ses choix, il s'engagea dans de nombreuses directions, qu'il s'agisse des domaines de la microscopie photonique et électronique, ou encore de ceux de la micro-photographie, de la micro-radiographie, de la micro-acoustique, des radiations ionisantes, de la biochimie. Gestionnaire rigoureux, il sut trouver les moyens nécessaires à l'acquisition et au fonctionnement de multiples équipements, montrant en même temps une remarquable habileté dans leur maniement.

Psychologue, animateur efficace, Paul PESSON constitua un groupe cohérent auquel il ne cessa, pendant plus de 25 ans, d'insuffler dynamisme et enthousiasme. Il orienta ainsi de nombreux élèves, français et étrangers qui tous jouent un rôle important en Entomologie et en Ecologie.

Paul PESSON manifesta également un intérêt soutenu pour d'autres groupes d'insectes prélevant la sève des cochenilles, suceurs de sève parfois redoutables pour les arbres, les fruits ou les tubercules, furent son premier pôle d'intérêt. Dans une perspective d'anatomie fonctionnelle, il en étudia particulièrement les pièces buccales et le tube digestif à l'aide de techniques de microscopie. C'est à Rennes, avec le Professeur POISSON, qu'il débuta ces investigations. Il les poursuivit à Paris, au Laboratoire d'Evolution des Êtres organisés, d'abord sous la direction du Professeur CAULLERY, puis sous celle du Professeur GRASSÉ. En 1943, il soutint une thèse intitulée «Contribution à l'étude morphologique et fonctionnelle de l'appareil buccal et du tube disgestif des femelles de Coccides».

Paul PESSON manigesta également un intérêt soutenu pour d'autres groupes d'insectes prélevant la sève des plantes. En 1950, il publia, seul ou en collaboration avec son Maître et ami Raymond POISSON, des mises au point fondamentales dans le Traité de Zoologie du Professeur GRASSÉ, concernant les Cochenilles, les Thysanoptères et les Homoptères.

Après sa nomination à la Chaire de Zoologie de l'Institut National Agonomique, Paul PESSON diversifia ses travaux dans divers domaines de l'entomologie fondamentale et agronomique. Il aborda ainsi le problème de la production de la soie chez divers papillons avec ALLEGRET, celui de la protection des denrées contre les charançons avec VERNIER, celui de la résistance des mouches aux insecticides avec RAMADE. Il s'intéressa également à des problèmes d'écologie forestière et d'écologie générale.

Curieux de tout, des techniques les plus récentes comme des idées les plus nouvelles, Paul PESSON s'engageait autant dans les discussions théoriques que dans la conception des protocoles et dans les manipulations à la paillasse. Il marqua ainsi chaque production de son laboratoire, assurant à celui-ci, par sa rigueur, son exigence, une indéniable réussite.

Mais c'est sans doute comme écrivain scientifique en Entomologie que Paul PESSON est le plus largement connu : «Le monde des Insectes», publié en 1956 aux Editions Horizons de France fut un des premiers beaux ouvrages sur la biologie des insectes destinés au grand public. Succès d'édition national et international, aujourd'hui introuvable, ce livre demeure un merveilleux document, tant par la valeur scientifique du texte que par la qualité des illustrations photographiques, dues pour une large part à Paul PESSON lui-même. Les mêmes qualités se retrouvent dans l'ouvrage de la série «La vie amoureuse des animaux» sur «Les Invertébrés», publié chez Hachette en 1965, ou encore dans la traduction et l'adaptation que Paul PESSON fit de l'ouvrage de V.B. WIGGLESWORTH, «La vie des Insectes», publiée aux Editions Rencontres, à Lausanne, en 1970.

Ultérieurement, Paul PESSON se consacra à l'animation d'une collection intitulée «Formation permanente en Ecologie et en Biologie» (Editions Gauthier-Villars). Il dirigea ainsi des ouvrages collectifs issus en particulier des conférences organisées à l'Institut National Agronomique, comme par exemple : «La pollution des eaux continentales. Incidence sur les biocénoses aquatiques», «Ecologie du petit gibier et aménagement des chasse» (avec M.G. BIRKAN), «Pesticides et gibier. Maladie du gibier», «Actualités d'écologie forestière. Sol, flore, faune», et, en dernier, avec J. LOUVEAUX, «Pollinisation et production végétale». Tous ces titres, et d'autres encore, constituent des références importantes pour les écologistes et, plus généralement, les naturalistes.

Plusieurs Sociétés scientifiques ont bénéficié des qualités de Paul PESSON. Il faut un Président actif de la Société Entomologique de France, tout spécialement en 1987-1988, participant au travail de restructuration des statuts, contribuant à l'organisation des séances mensuelles... Président de la Société d'Écologie après en avoir été Vice-Président, il y joua un rôle essentiel dans une période délicate, par son dynamisme et son esprit d'équipe. Il ne cessa de tisser des liens entre la Société d'Écologie et d'autres Sociétés comme la Société Zoologique de France, la Société de Biogéographie, la Société Entomologique de France. Des journées communes furent organisées, donnant lieu à la publication d'articles de synthèse dans le Bulletin d'Écologie. Les dernières en date, consacrées à l'écologie parasitaire (janvier 1989) furent organisées alors que Paul PESSON était cette fois Président de la Société Entomologique de France. Très largement suivies, elles témoignèrent une fois de plus de la volonté de Paul PESSON de créer les conditions de l'échange d'idées entre chercheurs d'horizons divers.

Paul PESSON, scientifique à mille facettes, homme d'action et de réflexion, guide dévoué, ami fidèle des naturalistes, attaché aux traditions de nos disciplines et en même temps passionné par tous les aspects de la biologie moderne, amoureux de l'écriture, des livres, du dessin, fut un entomologiste et un écologiste de grand talent admiré de tous. Dans notre souvenir Paul PESSON, l'homme, le savant, demeure un modèle, une référence.

Claude CAUSSANEL

L'IMPACT DU DÉBOISEMENT SUR LE COMPARTIMENT «MATIÈRE ORGANIQUE» D'UN SOL ROUGE MÉDITERRANÉEN**

par Abderrahmane MERZOUKI et Paul LOSSAINT*

Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive CEPE/CNRS,
route de Mende, B.P. 5051 — 34033 MONTPELLIER - France

Mots-clés : Taillis - Coupe à blanc - Compartiment organique - CO_2 - Sol rouge méditerranéen - *Quercus ilex* L.

RÉSUMÉ
(Travail original)

L'impact de la coupe à blanc d'un taillis de Chêne vert ***Quercus ilex*** *L. sur la dynamique du compartiment organique d'un sol rouge méditerranéen a été suivi durant une année (1985-1986). Des mesures de respiration du sol et de dégagement de CO_2 ont été effectuées parallèlement à des mesures de minéralisation de l'azote et à la détermination de la biomasse microbienne.*

Les mesures effectuées sur le terrain ont montré que deux années après déboisement, la matière organique du sol a subi des modifications qualitatives et quantitatives ; ainsi le stock organique du sol a baissé d'environ un tiers.

KEY-WORDS : Coppice - Clearcut - Soil organic matter - Carbon dioxyde - Red mediterranean soil - *Quercus ilex* L.

SUMMARY
(Original scientific paper)

Clear cutting impact on the organic matter in a red Mediterranean soil

*The effect of clear-cutting a mediterranean evergreen oak (***Quercus ilex** *L.) coppice, on the organic matter turnover in a red soil, has been studied during one year (1985-86). Soil respiration and carbon dioxyde production have been determined together with nitrogen mineralization and the soil microbial biomass.*

Field results indicate that two years after clearcut, the soil organic matter is modified in quality as well as in available quantity. The soil organic matter pool slows down around one third.

INTRODUCTION

La réduction du stock organique du sol après transformation des systèmes forestiers en agrosystèmes a été observée depuis longtemps. Parmi les nombreux auteurs qui se sont intéressés à la dynamique de la matière organique du sol dans des écosystèmes transformés EDWARDS et ROSS TODD (1983) citent : SALTER et GREEN, JENNY, LEE et BRAY ou encore THOMPSON *et al.*.

La dynamique du carbone organique reste toutefois un phénomène mal connu dans les écosystèmes perturbés. Ainsi la vitesse de décomposition de la litière au sol est stimulée par les nouvelles conditions pédoclimatiques (WITKAMP, 1966, MARKS et BORMANN, 1972 ; SCHAEFER, 1973 ; BORMANN et LIKENS, 1979 ; COVINGTON, 1981 ; VITOUSEK, 1983). Ceci, couplé à l'arrêt d'apport de matériel carboné, entraîne une baisse du pool organique du sol. VITOUSEK (1983), a noté que durant les 2 à 3 ans qui suivent une déforestation le sol perd jusqu'à 50 % du stock de carbone organique total initialement présent.

Cette perte se fait essentiellement sous forme de CO_2 dégagé dans l'atmosphère. Par des mesures directes du CO_2 ainsi dégagé l'on peut estimer la respiration du sol (LUNDEGARDH, 1921). Ces résultats peuvent alors être mis en liaison avec certains facteurs abiotiques (température et humidité), qui interfèrent directement sur les processus de biodégradation, pour les suivre dans le temps.

Dans le cadre d'une étude des conséquences du déboisement sur la gestion des nutriments lors de la reconstitution du taillis de chêne vert et de ses répercussions sur le compartiment microbien ainsi que sur l'activité biologique du sol, le présent travail a pour but d'apprécier la quantité de carbone minéralisée après déboisement et de quantifier les pertes en matière organique que peut subir le compartiment sol par suite de cette manipulation. L'étude porte sur la comparaison du dégagement de CO_2 à partir du sol d'un taillis de Chêne vert âgé servant de témoin et dans une parcelle identique coupée à blanc.

MILIEU ET MÉTHODES

Le site étudié fait partie de la forêt domaniale de Puéchabon. Il est situé à 25 km au nord-ouest de Montpellier (France) à une altitude de 250 m (43° 44' 30" N, 3° 55' 50" E).

* Décédé le 07.08.1987

** Reçu le 18 août 1989, version modifiée reçue le 15 janvier 1990 acceptée le 18 février 1990.

Agé de 40 ans au moment de la coupe, constitué essentiellement de Chêne vert (*Quercus' ilex* L.) de 3 à 5 mètres de hauteur, le peuplement est représentatif des taillis de Chêne vert largement répandus dans la zone méditerranéenne française (FLORET *et al.*, 1989).

Le climat est de type méditerranéen sub-humide avec une pluviosité moyenne de 1.000 mm (DEBUSSCHE et ESCARRE, 1983) mais très variable d'une année à l'autre : 1.078 mm en 1984 et 535 mm en 1985. La température moyenne est de 2°C en janvier et 23°C en juillet.

Le sol est de type rouge fersiallitique à réserve calcique, sur roche mère calcaire dure du Jurassique. Il a une profondeur variable et existe le plus souvent encaissé sous forme de poches sur les fissures du karst. La densité des cailloux varie de 50 à 80 % du volume du profil et l'horizon organique ne dépasse pas les 5 premiers centimètres du sol.

En février 1984, la totalité des arbres a été coupée à 5-10 cm au-dessus du sol, sur une surface de 2.500 m². Après avoir été débité sur place, tout le matériel a été évacué. Cette parcelle a été comparée à une parcelle de 40 ans, non coupée, se trouvant à proximité immédiate. Les observations se sont étalées de janvier 1985 à avril 1986.

Le mode de préparation d'un tel site expérimental et ses conséquences sur l'activité biologique du sol ont fait l'objet de plusieurs études dont celles de BURGER et PRITCHETT (1984) et HENDRICKSON *et al.* (1985).

Sur le terrain, six cylindres métalliques de 30 cm de diamètre et de 15 cm de hauteur sont enfoncés dans le sol de chacune des deux placettes étudiées. Chaque cylindre peut être fermé hermétiquement par un couvercle qui se loge lui-même dans une gouttière remplie d'eau pour assurer l'étanchéité du système. Le CO_2 dégagé à l'intérieur de cette enceinte est fixé durant une heure par une solution de soude (NaOH 0,3 N) contenue dans un flacon de 100 ml ayant une ouverture de 3 cm de diamètre. Les mesures sont effectuées 2 à 3 fois par mois, entre 10 et 11 h du matin.

Le CO_2 fixé par la soude est dosé par titrimétrie, par l'acide chlorhydrique en présence de $BaCl_2$ suivant la réaction :

$$2\,Na\,OH + Ba\,Cl_2 \rightarrow 2\,Na\,Cl + (OH)_2$$

ensuite la baryte $Ba\,(OH)_2$ est dosée par HCl

$$Ba\,(OH)_2 + 2HCL \rightarrow Ba\,Cl_2 + H_2O$$

La quantité de CO_2 dégagée est évaluée par différence avec un témoin, le dégagement de CO_2 étant exprimé en mg de carbone du CO_2 par mètre carré et par heure ($mgC\text{-}CO_2.m^{-2}.h^{-1}$). Les résultats sont traduits chaque fois par la moyenne de 6 répétitions.

Le carbone organique du sol est déterminé selon la technique du carmmographe et l'azote total selon la technique de KJELDAHL.

Dans les deux sites expérimentaux (forêt et coupe) la température du sol (horizon 0-15 cm) est mesurée quotidiennement à l'aide d'une thermosonde. L'humidité du sol, exprimée en pourcentage de terre sèche, est déterminée pondéralement, en même temps que les mesures de dégagement de CO_2 sur le terrain.

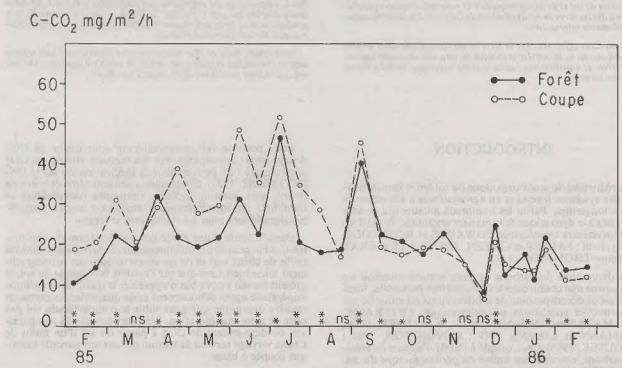
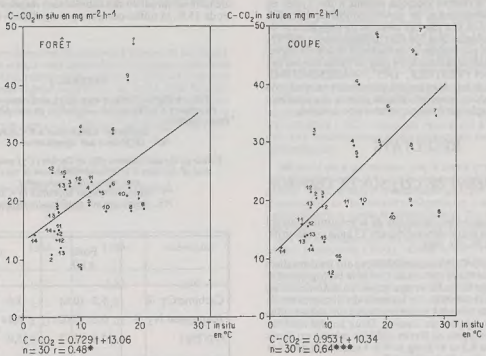


FIG. 1. — Variation du dégagement de CO_2 *in situ*, sous forêt et dans le site déboisé, exprimée en mg $m^{-2}h^{-1}$ de C-CO_2

** Différence significative à P<0,01 * Différence significative à P<0,05 NS non significative

Variations of in situ CO_2 output, under forest (—●—) and in the clearcut area (—○—)

*** highly significant difference ($p < 0.01$)* ** significant difference ($p<0.05$)* *NS means are not significantly different.*



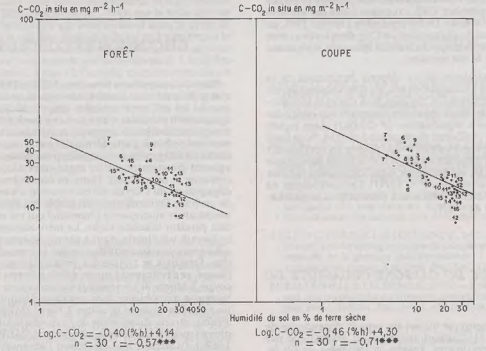


FIG. 2. — Relations entre le dégagement de CO_2 et la température et l'humidité du sol sous forêt et dans le site déboisé.
Relationships between CO_2 output, temperature and soil humidity in the forest and in the clearcut area.

Dans les sols à réserve calcique soumis à des cycles de dessiccation-réhumectation, la quantification de l'activité biologique du sol *in situ* par des mesures de dégagement de CO_2 s'avère problématique. En effet, le dégagement du CO_2 du sol ne provient pas seulement de l'activité de la microflore, mais aussi du système racinaire, en plus de l'interférence des carbonates du sol (VERDIER, 1975 ; WAREMBOURG, 1977). Toutefois, le but de ce travail qui consiste en une étude comparative de deux situations (forêts intacte et perturbée) nous permet d'exploiter écologiquement nos données.

RÉSULTATS

1. *DÉGAGEMENT DE CO_2 SUR LE TERRAIN*

La figure 1, résume les variations de la respiration du sol sous forêt et dans le site déboisé durant 13 mois consécutifs, de février 1985 à février 1986.

Les courbes de C-CO_2 sont semblables pour les deux sites. Elles montrent une stimulation de l'activité biologique globale au printemps et en été et une baisse en automne et en hiver. Dans le site déboisé, les mesures du dégagement de CO_2 effectuées de février à juillet montrent des valeurs plus importantes par rapport au témoin. Deux années après la coupe à blanc pratiquée en février 1984 les valeurs extrêmes observées sont de 8,3 et 47,0 $mg.m^{-2}.h^{-1}$ sous forêt, de 6,8 et 51,4 $mg.m^{-2}.h^{-1}$ dans le site déboisé.

La comparaison des données individuelles entre elles montre que le dégagement de CO_2 dans les deux sites (forêt et coupe) est significativement supérieur après coupe et ceci de février 1985 à septembre 1985, exception faites des mesures de mars, avril et fin août. De fin septembre à février 1986, on observe une baisse du dégagement de CO_2 dans les deux sites étudiés. Mais elle fait apparaître des quantités légèrement supérieures dans le site forestier.

L'activité respiratoire du sol dépend étroitement de la température et de l'humidité du sol. En effet les corrélations (Fig. 2) établies entre le C-CO_2 dégagé in situ et la température du sol dans les deux situations indiquent que cette relation est hautement significative ($P < 0,001$) dans le site déboisé, avec un coefficient de régression de 0,64. Sous forêt la corrélation est significative ($P < 0,05$) avec un coefficient $r = 0,48$. Quant à l'humidité du sol, la même figure montre que la respiration du sol est également significativement corrélée avec ce facteur abiotique ($P < 0,001$). Les coefficients de régression sous forêt et dans le site déboisé sont respectivement de - 0,57 et de - 0,71.

2. *DYNAMIQUE DU CARBONE ORGANIQUE DU SOL*

La matière organique du sol est sous la dépendance de deux facteurs : (1) l'apport trophique et énergétique par l'intermédiaire des litières, épigées et hypogées, et (2) les mécanismes de la biodégradation. L'impact du déboisement sur le devenir du stock de matière organique a été évalué mensuellement durant toute la période d'étude.

Les valeurs du carbone organique total du sol vont de 4,3 % à 6,4 % sous forêt et de 3,3 % à 3,9 % dans le site déboisé (Tabl. 1). Deux années après la coupe, le stock organique du sol a baissé d'environ 30 %. Les rapports C/N du sol du taillis et du sol du site déboisé sont respectivement de 15,6 et de 15,0 ; la différence n'est pas significative.

TABLEAU 1

Valeurs (%) du Carbone total (C_T), de l'Azote total (N_T) et du rapport C_T/N_T du sol sous forêt et du site déboisé deux ans après la coupe.
*** Différence significative à $P < 0,01$*
NS Différence non significative

Values of the soil contents (%) of Carbon (C_T) and Nitrogen (N_T) and of the ratio C_T/N_T underforest and in the clearcut area two years after clearcutting
*** highly significant difference ($p < 0.01$)*
NS means are not significantly different

	Forêt x (s)	Coupe x (s)	
Carbone C_T %	5,2 (0,6)	3,6 (0,2)	**
Azote total N_T %	0,33 (0,02)	0,24 (0,03)	**
C_T/N_T	15,6 (1,7)	15,0 (1,5)	NS

DISCUSSION ET CONCLUSION

Dans les écosystèmes forestiers, VITOUSEK (1983) estime que la déforestation entraîne une réduction du stock organique du sol qui peut atteindre jusqu'à 50 % des quantités initialement présentes. Cette perte est due à différents processus qui caractérisent ce type de traitement : exportation du matériel carboné, perte éventuelle par érosion et perte sous forme de CO_2, suite aux modifications pédoclimatiques, qui agissent directement sur les organismes décomposeurs (microfaune et microflore). Dans les écosystèmes terrestres le dégagement du CO_2 du sol est fonction d'une part du stock de carbone facilement minéralisable et, d'autre part, de la température ainsi que de l'humidité qui est un facteur limitant pendant la saison sèche. La méthodologie utilisée dans ce travail, très simple, nous a permis de suivre les variations subies lors de cette perturbation par la comparaison de deux sites forestiers se trouvant à proximité immédiate l'un de l'autre, se développant sur un même substrat dont l'un a été coupé à blanc. Si les résultats concernant le compartiment biomasse microbienne indiquent une diminution d'environ un tiers à la suite de la coupe à blanc (MERZOUKI *et al.* 1989a), et une stimulation de la minéralisation de l'azote, plus particulièrement de la nitrification (MERZOUKI *et al.*, 1989b), ils démontrent également l'absence de corrélation entre la densité de la microflore et son activité.

Les mesures de dégagement du CO_2 *in situ* entreprises seulement à partir de février 1985, soit une année après la coupe à blanc, ne reflètent que partiellement cet effet de stimulation de la coupe à blanc sur l'activité biologique du sol. Le test de la minéralisation de l'azote confirme cet effet stimulateur.

1. *INFLUENCE DE LA MATIÈRE ORGANIQUE DU SOL*

Dans cet écosystème méditerranéen, l'impact de la coupe à blanc pratiquée il y a 3 ans s'est soldé par une perte d'environ 30 % du stock de matière organique du sol. En effet, l'apport du sol de matériel végétal sous forme de litière a été éliminé. Le tableau 2, représentant la chute annuelle de litière durant les années 1984 et 1985, montre que le déboisement prive le sol d'un apport moyen de 3,7 $Mg.ha^{-1}$ de matériel végétal.

TABLEAU 2

Chute annuelle de litière en forêt ($Mg.ha^{-1}$)

Annual litterfall in the forest ($Mg\ ha^{-1}$)

Année	1984	1985	moyenne
Feuilles	1,77	3,02	2,39
Bois	0,82	0,61	0,71
Divers	0,23	1,02	0,62
Total	2,82	4,65	3,72

Qualitativement, cette situation d'éclaircie se répercute sur la pédofaune (BERTRAND *et al.*, 1989) par la réduction de l'activité des diplopodes qui interviennent dans le cycle de dégradation de la matière organique du sol en fragmentant la litière de Chêne vert. Ces auteurs ont montré par ailleurs que la litière âgée est consommée préférentiellement à la litière fraîchement tombée. Quant à l'activité microbienne, elle est stimulée : la minéralisation de l'azote est accrue et la nitrification a triplé, et ceci, malgré la réduction d'environ 34 % de la biomasse microbienne. Les données recueillies au laboratoire durant dix jours d'incubation (quantités de CO_2 dégagé et taux de minéralisation), bien que difficilement interprétables, montrent que la respiration du sol dépend de l'état de la matière organique et du passé pédoclimatique (MERZOUKI, 1986).

2. *INFLUENCE DU PÉDOCLIMAT*

La dynamique respiratoire du sol en fonction des conditions climatiques et pédoclimatiques, essentiellement la température et l'humidité du sol, a été étudiée depuis longtemps (BILLES *et al.*, 1971 et 1975 ; SCHAEFFER, 1973 ; BORMANN et LIKENS, 1979 ; COVINGTON, 1981). Toutes ces études ont toujours montré une stimulation de l'activité respiratoire au printemps et en été et une baisse en automne-hiver. Ainsi REINERS (1968), BILLES *et al.* (1971), EDWARDS (1975), de même que ORCHADS et COOK (1983), ont démontré l'existence de corrélations entre ces deux facteurs physiques et la quantité de CO_2 dégagée à partir du sol.

Dans l'écosystème méditerranéen étudié, les observations menées sous le taillis de Chêne vert témoin âgé de 40 ans et dans le site déforesté où les rejets des souches sont âgés de 1 à 2 ans, montrent que le dégagement du CO_2 dépend étroitement de l'humidité et de la température du sol. On a obtenu ainsi une corrélation logarithmique avec l'humidité et linéaire avec la température, avec des coefficients de régression hautement significatifs ($P < 0,001$). Sous forêt les valeurs du coefficient de corrélation sont plus faibles dans le cas des haisons C-CO_2 température (0,48) et C-CO_2 humidité (0,57). Elles indiquent un effet tampon du couvert forestier, limitant les écarts de température entre les maxima et les minima. Cet effet est moins apparent en ce qui concerne l'humidité.

COVINGTON (1981) a également constaté une vitesse de décomposition de la matière organique du sol plus élevée dans un site déboisé. WITKAMP (1966) ainsi que MARKS et BORMANN (1972) concluent également à une stimulation dûe aux modifications pédoclimatiques survenues après la déforestation.

Même si on a pu estimer que le stock organique du sol a diminué d'environ 3 % après la coupe à blanc pratiquée en février 1984, il serait souhaitable que les variations de la dynamique de la matière organique soient enregistrées immédiatement après la perturbation. Un autre aspect très important de la biologie de ce sol méditerranéen a été omis : il s'agit de la dynamique du système racinaire après coupe à blanc. PERSSON (1978), ABER *et al.* (1985) ont montré l'importance de la contribution des racines fines dans le compartiment matière organique du sol. EDWARDS et ROSS TODD (1983) ont avancé l'hypothèse qu'après déboisement seule une partie des racines meurt et se décompose, la grande partie restant en dormance et assurant la régénération des souches.

Remerciements

A. MERZOUKI tient à remercier Messieurs G. BILLES, M RAPP et F. ROMANE pour l'aide et les conseils qu'ils n'ont cessé et ne cessent de lui prodiguer

BIBLIOGRAPHIE

ABER J.D., MELILLO J.M , NADELHOFFER K.J., McCLAUGHERTY C.A. & PASTOR J., 1985. — Fine root turnover in forest ecosystems in relations to quantity and form of nitrogen availability : comparison of two methods. *Oecologia*, 66 : 317-321.

BERTRAND M., JANATI-IDRISS A. & LUMARET J P. — Utilisation de litière de Chêne vert (*Q. ilex*) par *Glomeris Marginata willd.* (Diplopoda) au cours d'un cycle annuel en région méditerranéenne. Rapport groupe taillis, CEPE. Montpellier, CNRS.

BILLES G., LOSSAINT P. & CORTEZ J., 1971. — L'activité biologique des sols dans les écosystèmes méditerranéens. I. Minéralisation du carbone. *Rev. Ecol. Biol. Sol.*, 8, 2 : 375-395

BILLES G., CORTEZ J. & LOSSAINT P., 1975. — Étude comparative de l'activité biologique des sols sous peuplements arbustifs et herbacés de la garrigue méditerranéenne. I. Minéralisation du carbone et de l'azote. *Rev. Ecol. Biol. Sol.*, 12, 1 : 115-139

BORMANN F.H. & LIKENS G.E., 1979. — Effects of clear-cutting and site preparation on nitrogen mineralization in a southern pine stand. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 48, 1421-1437.

BURGER J.A., & PRITCHETT W.L., 1984. — Effects of clearcutting and site preparation on nitrogen mineralization in a southern pine stand. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 48, 1421-1437.

COVINGTON W W., 1981. — Changes in forest floor organic matter and nutrient content following clearcutting in northern hardwood *Ecology*, 62, 1 : 41-48.

DEBUSSCHE M. & ESCARRE J., 1983. — Carte des isohyètes inter-annuelles dans le Montpelliérais. Document du CEPE, CNRS, Montpellier.

EDWARDS N.T. & ROSS-TODD B M., 1983. — Soil carbon dynamics in a mixed deciduous forest following clearcutting with and whithout residue removal. *Soil sci Soc Am. J.*, 47, 1014-1021.

EDWARDS N.T., 1975. — Effects of temperature and moisture on carbon dioxide evolution in a mixed deciduous forest floor *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 39 : 361-365.

FLORET C., GALAN M J , LE FLOC'H E., M. & ROMANE F., 1989. — Organisation de la structure, de la biomasse et de la minéralomasse d'un taillis ouvert de chêne vert (*Quercus ulex* L.) *Oecol. Plant.*, 10, 3 : 245-262.

HENDRICKSON O.A., CHATARPAUL L. & ROBINSON J B., 1985. — Effects of two methods of timber harvesting on microbial processing forest soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49 : 739-746

LUNDEGARDH H., 1921 — Carbone dioxide evolution of soil and crop growth. *Soil Sci.*, 23 : 417-453.

MARKS P L. & BORMANN F H., 1972 — Revegetation following forest cutting : Méchanisms for return to steady state nutrient cycling. *Science*, 176 : 914-915.

MERZOUKI A., 1986. — Les effets d'une coupe à blanc sur l'activité biologique d'un sol fersiallitique méditerranéen. Thèse de 3ème cycle, USTL, Montpellier : 113 p.

MERZOUKI A., LOSSAINT P. & RAPP M. 1989a. — L'effet d'une coupe à blanc sur la biomasse microbienne d'un sol rouge méditerranéen. *Pédobiologia* 3, 221-228

MERZOUKI A., LOSSAINT P., RAPP M. & BILLES G., 1989b. —L'effet d'une coupe à blanc sur la minéralisation de l'azote d'un sol rouge méditerranéen. *Rev. Ecol. Biol. Sol.* 26 (2) : 133-154.

ORCHADS V.A. & COOK F.J., 1983. — Relation between soil respiration and soil moisture *Soil biol. Biochem.*, 15, 4 : 447-453.

PERSSON H., 1978. — Root dynamics in a young scots pine stand in central sweden *Oikos*, 30 : 508-519

REINERS W.A ., 1968. — Carbone dioxide evolution from the floor of the three Minnesota forests. *Ecology*, 49, 3 : 471-483.

SCHAEFER R., 1973. — Microbial activity under seasonal conditions of drought in mediterranean climates. *In* CASTRI F. (Dr) & MOONEY H.A. (eds) «Mediterranean type ecosystems : Origin and structure». New-York, Springer Verlag . 191-198

VITOUSEK P.M., 1983. — The effects of deforestation on air, soil and water *In* : MOONEY H.A. et GORDON M. (ed.). *Ecological'studies*, 4 : 129-144.

VERDIER B., 1975. — Étude de l'atmosphère du sol. Éléments de comparaison et signification écologique de l'atmosphère d'un sol brun calcaire et d'un sol lessivé podzolique. *Rev. Ecol. Biol. Sol*, 23 (3) : 591-626

WAREMBOURG F., 1977. — Le flux du carbone dans la végétation, la rhizosphère et le sol des formations herbacées marquées avec du C14. Thèse d'État, U.S.T.L., Montpellier, 163 p.

WITKAMP M., 1966. — Decomposition of leaf litter in relation to environment, microflora and microbial respiration. *Ecology*, 47, 2 : 194-201

Bull. Ecol., t. 21, 2, 1990, p. 89-95

UTILISATION DU SULFATE DE CUIVRE ET DE LA SIMAZINE DANS LES ÉTANGS DE PISCICULTURE. ACTIONS SUR LA FAUNE CONDITIONNANT LE RENDEMENT PISCICOLE*

par Josette SEVRIN-REYSSAC

Muséum national d'Histoire naturelle, Laboratoire d'ichtyologie générale et appliquée
43, rue Cuvier — 75005 PARIS

MOTS-CLÉS : Pisciculture - Sulfate de cuivre - Simazine - Zooplancton - Invertébrés benthiques - Phytoplancton - Macrophytes.

KEY-WORDS : Fisheries - Copper sulfate - Simazine - Zooplancton -Benthic Invertebrates - Phytoplancton - Macrophytes.

RÉSUMÉ
(Revue bibliographique)

*Les effets toxiques du sulfate de cuivre sur la microfaune nutritive planctonique sont difficiles à prévoir car ils dépendent d'un grand nombre de facteurs physiques et chimiques du milieu (température, pH, alcalinité, teneur en substances humiques etc...). Les organismes les plus sensibles sont les Cladocères. Les Copépodes peuvent supporter des concentrations nettement plus élevées que celles généralement utilisées pour contrôler les proliférations de végétaux aquatiques. D'autres éléments appartenant au réseau trophique sont aussi détruits par le cuivre : crustacés Malacostracés (**Gammarus**), mollusques Gastéropodes, larves d'insectes (Chironomidés). La non toxicité de la simazine sur le zooplancton et les invertébrés benthiques est très largement reconnue mais, comme dans le cas d'applications de sulfate de cuivre, de forts déficits en oxygène résultant de la décomposition des végétaux détruits peuvent suivre les applications et entraîner des mortalités de poissons.*

SUMMARY
(Review paper)

The use of copper sulphate and simazine in fish ponds. Effects on the fauna influencing fish production.

*Toxicity of copper sulphate on planktonic and benthic microfauna is difficult to estimate for it is depending of many physical and chemical properties of the water (temperature, pH, alkalinity, humic substances etc...). Cladocera are the most sensitive. Copepods can live with concentrations of copper sulphate higher than those generally used to limit aquatic vegetation. Other organisms of the food web are killed by copper : Malacostraca (**Gammarus**), Gasteropods and larvae of many aquatic insects (**Chironomus**). Experiments on the effect of simazine on aquatic microorganisms showed that it is not detrimental for zooplankton and benthic invertebrates, but, as for copper sulphate, deoxygenation due to decomposition of aquatic plants destroyed, sometimes occurs after the treatment.*

INTRODUCTION

Les développements exubérants de végétaux dans les étangs fertilisés, conséquence des traitements auxquels ils sont soumis pour obtenir un rendement piscicole élevé, peuvent être à l'origine de nuisances. Ainsi, certaines algues planctoniques comme les Cyanobactéries qui prolifèrent pendant l'été dans les milieux eutrophes entraînent parfois des mortalités de poissons, soit qu'il s'agisse d'une espèce toxique, soit qu'il y ait désoxygénation du milieu à la suite d'une mortalité massive de ces algues. Quant aux macrophytes, ils appauvrissent la vase en éléments nutritifs et ceux qui ont des feuilles flottantes (nénuphars, lentilles d'eau) font obstacle à la pénétration de la lumière. Bien qu'ils constituent un support pour les organismes périphytiques, ces grands végétaux sont généralement considérés comme restant en dehors du réseau trophique qui conduit aux poissons.

L'abondance des Cyanobactéries ou des macrophytes dans un étang peut être assimilé à un échec de gestion puisque les actions menées en vue d'un meilleur rendement piscicole aboutissent, en partie, à la production d'organismes non utilisés (impasses trophiques). Limiter leur prolifération est donc nécessaire. Un moyen biologique a consisté en l'introduction de poissons macrophytophages (*Ctenopharyngodon*) ou microphytophages (*Hypophtalmichtys molitrix*). On utilise aussi couramment des moyens mécaniques (faucardage des grands végétaux) et chimiques (épandages de divers herbicides). Si l'emploi de ces derniers est interdit dans les eaux libres, sauf autorisation spéciale, il n'existe pas de réglementation particulière pour les eaux closes. Les épandages permettent de détruire les macrophytes et de limiter les blooms de phytoplancton mais, en général, les méthodes d'utilisation sont loin d'être définitivement maîtrisées. Si les concentra-

* Reçu le 26 octobre 1989, version modifiée reçue le 7 mars 1990, acceptée le 26 avril 1990

tions généralement employées ne sont pas toxiques pour les poissons, il n'en est pas de même pour les autres organismes animaux vivant dans les étangs. Le maintien à terme d'une population piscicole peut donc être indirectement compromis si les organismes aquatiques qui constituent son aliment naturel sont détruits. Ainsi, est-il nécessaire de ne pas se limiter à l'étude de la toxicité de ces éléments vis-à-vis des poissons mais d'envisager aussi leur influence sur la faune nutritive qui conditionne le rendement piscicole.

1. *LE SULFATE DE CUIVRE ET SON MODE D'ACTION SUR LES VÉGÉTAUX AQUATIQUES*

Utilisé depuis longtemps dans les étangs, le sulfate de cuivre ($Cu\,SO^4 5\,H^2O$) inhibe de très nombreuses fonctions cellulaires : respiration, photosynthèse, fixation de l'azote. A de très faibles concentrations, le cuivre est nécessaire à la croissance des Cyanobactéries mais des concentrations plus fortes sont toxiques. Il y a diminution de la photosynthèse, de la vitesse de croissance et inhibition presque complète de la fixation de l'azote.

Bien qu'il y ait d'assez grandes différences suivant les espèces, les Cyanobactéries sont généralement plus sensibles au cuivre que les autres algues (HORNE et GOLDMAN, 1974). Cette plus grande sensibilité des Cyanobactéries par rapport aux algues vertes, par exemple, serait due au fait que, dans le même milieu, les Cyanobactéries accumulent le cuivre plus rapidement que les Chlorophycées (GIBSON, 1972). Deux espèces phytoplanctoniques sont détruites par la même dose de cuivre mais la plus forte sensibilité de l'une par rapport à l'autre tient à sa capacité d'accumuler cet élément plus facilement. Le sulfate de cuivre a donc été largement utilisé dans les étangs piscicoles pour lutter contre les proliférations de Cyanobactéries. Mais les applications ne sont pas sans danger car elles entraînent des mortalités massives de ces algues, d'où des risques de désoxygénation auxquels s'ajoute la libération, en grande quantité et au même moment, des toxines contenues dans les cellules.

De nombreux travaux ont été effectués sur l'action du sulfate de cuivre sur le phytoplancton (BOYD, 1979). Certaines espèces sont sensibles, d'autres résistantes (Tabl. I). Les Diatomées présentent en général une plus grande sensibilité que les Chlorophycées. Parmi ces dernières, de très nombreux genres considérés comme résistants par PALMER (1962) sont particulièrement abondants dans les milieux eutrophes que sont les étangs piscicoles : soit les genres *Chlorella, Scenedesmus, Crucigenia, Ankistrodesmus, Pediastrum, Tetraedron, Kirchneriella*. MALONEY et PALMER (1956) ont évalué la toxicité du cuivre sur 30 espèces d'algues. Aux concentrations de 0,25, 0,50, 1,0 et 2,0 mgl^{-1}, le sulfate de cuivre a détruit respectivement 0, 13, 37 et 53 % de toutes les espèces testées.

2. *TOXICITÉ ET CONDITIONS DU MILIEU*

Des travaux sont encore nécessaires pour établir avec certitude les mécanismes de l'action toxique des polluants métalliques sur les organismes aquatiques. On sait cependant que les ions Cu^{2+} représentent la forme toxique du cuivre (STIFF, 1971 ; PAGENKOPF et coll., 1974). Cette toxicité serait due à l'action que les ions métalliques exercent sur les parois des cellules, une électronégativité différente entre les ions étant un facteur de toxicité déterminant (DANIELLI et DAVIS, 1951). Plus généralement, BIESINGER et CHRISTENSEN (1972) ont établi l'existence d'une corrélation entre la toxicité du cuivre à l'égard du Cladocère *Daphnia magna* et la solubilité des sulfates métalliques correspondants, montrant ainsi l'importance que revêt l'affinité de ce métal pour le groupement SH

Les doses de sulfate de cuivre recommandées pour limiter les blooms d'algues sont très variables suivant les auteurs (BOYD, 1979) mais ces divergences sont dues principalement aux différences physico-chimiques existant entre les milieux expérimentaux. En fait, comme le soulignent RUETER et PETERSEN (1987), la toxicité d'un ion métallique ne peut

TABLEAU I

Genres phytoplanctoniques qui sont sensibles ou résistants au sulfate de cuivre (d'après PALMER, 1962, modifié)

Phytoplanctonic genus which are sensitive or resisting to copper sulfate (after PALMER, 1962, but modified)

	Sensibles	Résistants
Cyanobactéries	*Anabaena, Microcystis, Aphanizomenon*	
Chlorophycées	*Closterum, Ulothrix, Caelastrum, Microspora, Gloeocystis, Tribonema, Volvox*	*Chlamydomonas, Eudorina, Pandorina, Chlorella, Chlorococcum, Scenedesmus, Oocystis, Crucigenia, Desmidium, Golenkinia, Ankistrodesmus, Palmella, Pediastrum, Tetraedron, Kirchneriella, Elakotothrix.*
Diatomées	*Asterionella, Melosira, Fragilaria, Navicula, Gomphonema, Nitzschia, Stephanodiscus, Synedra, Tabellaria*	*Achnanthes, Cymbella, Neidium*
Euglenophycées	*Euglena*	
Dinophycées	*Ceratium*	*Peridinium*
Cryptophycées	*Cryptomonas*	
Chrysophycées	*Dinobryon, Uroglenopsis, Synura, Mallomonas*	

être étudiée seule, mais en relation avec un certain nombre de paramètres de l'environnement.

2.1. Température

Son influence est considérable (FISHER, 1956 ; BIESINGER et CHRISTENSEN, 1972 ; Mc INTOCH et KEVERN, 1974). A concentration égale, la toxicité du cuivre sur les petits organismes animaux augmente avec la température. FISHER (1956) montre qu'une élévation de quelques degrés entraîne une mortalité trois fois plus rapide du Cladocère *Daphnia pulex* (Tabl. II).

TABLEAU II

Action du sulfate de cuivre à la concentration de 1 mg.l^{-1} en fonction de la température sur la survie du Cladocère Daphnia pulex (d'après FISHER, 1956)

Effect of copper sulfate (1 mg.l^{-1}) on the survival of Daphnia pulex (Cladocera) under different temperatures (after FISHER, 1956)

Température (°C)	Temps de latence (heures) pour une extermination complète
19-22	288
23-25	96
27-29	84

Le fait que la toxicité du cuivre augmente avec la température est très important et doit être pris en compte au moment des épandages. Une concentration inoffensive à une température relativement basse devient toxique dans des eaux plus chaudes et, en retour, l'effet de différentes concentrations peut être le même à différentes températures : 10 mg.l^{-1} à 19-22°C a le même effet sur *Daphnia pulex* que 3 mg.l^{-1} à 27-29°C. Le temps de latence est de 34 à 36 heures (FISHER, 1956). Les épandages destinés à limiter les blooms de Cyanobactéries se pratiquent généralement en été, ces organismes étant favorisés directement ou indirectement par une élévation de la température (REYNOLDS et WALSBY, 1975 ; ROBARTS et ZOHARY, 1987). L'efficacité du sulfate de cuivre sera donc plus forte que lors d'applications effectuées au printemps.

2.2. Caractéristiques chimiques de l'eau

Elles ont aussi un rôle prépondérant sur le degré de toxicité du cuivre car elles favorisent ou diminuent sa dissolution. A une concentration de 1 mg.l^{-1}, dose fréquemment utilisée pour limiter les proliférations phytoplanctoniques, le sulfate de cuivre agit très différemment sur *Daphnia pulex* suivant que le milieu d'élevage est constitué d'eau d'étang, d'eau de ville (eau du robinet) ou d'eau distillée. Par rapport à de l'eau d'étang, la dissolution du cuivre serait 12 fois plus importante dans de l'eau de ville et 144 fois plus importante avec de l'eau distillée (FISHER, 1956).

La dissolution du cuivre, et par conséquent son degré de toxicité, dépendent surtout de l'alcalinité et du pH du milieu. Le sulfate de cuivre est plus actif dans des eaux à tendance acide que dans des eaux alcalines (LLOYD, 1965). Il a été montré (PAGENKOPF *et al.*, 1974) que la toxicité du cuivre sur les poissons diminue quand le pH augmente. Dans les mêmes conditions expérimentales, une dose de 2 mgl^{-1} a provoqué une mortalité totale du Cladocère *Daphnia magna* alors que la même dose mélangée à de la chaux à raison de 20 % de sulfate de cuivre, n'a entraîné aucun effet préjudiciable sur ces organismes (SEVRIN-REYSSAC, non publié). Un traitement au sulfate de cuivre pratiqué dans un étang peu de temps après un épandage de chaux n'aura pas, par conséquent, le même effet sur l'environnement que dans le cas où il n'y a pas eu de chaulage.

Pour contrôler les proliférations de Cyanobactéries, BACHASSON (1987) recommande des épandages à raison de 1 g m^{-3} en eaux à tendance acide et de 1,5 g m^{-3} dans des milieux alcalins. Il faut ajouter que plusieurs auteurs ont attribué le degré de toxicité du cuivre à la dureté de l'eau plus qu'à son alcalinité (1).

La toxicité du cuivre dépend aussi de la présence de certains ions métalliques. Son action sur les Diatomées est fonction du rapport cuivre/zinc ou du rapport cuivre/manganèse (RUETER et PETERSON, 1987).

Des interactions avec le cadmium ont aussi été relevées par HEWITT et ANDERSON (1979). Lorsque ces éléments sont présents ensemble dans le milieu, ils s'accumulent plus fortement dans les ouïes des poissons que lorsqu'ils sont présents isolément.

D'autres éléments agissent sur la toxicité du cuivre. Par exemple, lorsque Cu^{2+} forme un complexe avec la glycine ou avec des substances humiques, il devient moins toxique pour la microfaune (STIFF, 1971). Les propriétés séquestrantes des matières humiques vis-à-vis des micropolluants minéraux ont aussi été mises en évidence par l'HOSPITAULT et POMMERY (1982). Elles jouent donc un rôle très important dans la chimie des eaux et les complexes métalliques qui peuvent se former sont particulièrement nombreux. BUFFLE (1977) cite cinq types d'interactions entre ces substances humiques et les métaux auxquelles il faut ajouter toutes les interactions possibles entre les métaux et les anions minéraux : carbonates, bicarbonates, chlorures ou silicates.

L'action chélatrice des substances humiques explique ainsi qu'à concentration égale le cuivre soit moins nocif dans de l'eau d'étang que dans de l'eau de ville (FISHER, 1956). Elle explique également que l'efficacité du sulfate de cuivre dans les étangs est temporaire, ce qui nécessite des épandages répétés. Le traitement peut même être inefficace dès la première application, en raison vraisemblablement d'une forte concentration en matières organiques dissoutes, en substances humiques et même en polypeptides libérés par les algues elles-mêmes. Ces éléments s'associent au cuivre pour produire des complexes non toxiques (FOGG *et al.*, 1973).

Pour protéger le poisson de la nocivité du cuivre, SPRAGUE (1968) suggère d'employer l'acide nitrilotriacétique (NTA) comme agent chélateur. Le complexe métal- NTA a aussi une action beaucoup moins toxique sur les Daphnies (BIESINGER *et al* , 1974).

Compte tenu de la température et des caractéristiques de l'eau, il y a donc des différences considérables dans le degré de toxicité de cet élément.

(1) La dureté et l'alcalinité sont deux grandeurs différentes. La première représente la somme des alcalino-terreux (Ca et Mg) sous forme de carbonates, sulfates, chlorures, nitrates et phosphates, alors que l'alcalinité exprime la teneur en sels de l'acide carbonique (bicarbonates solubles, le plus souvent du bicarbonate de calcium).

Le sulfate de cuivre peut-il perturber l'équilibre biologique dans un étang ? Les doses généralement appliquées pour réduire les blooms phytoplanctoniques (0,25 à 1,25 mg l^{-1}) ne sont pas préjudiciables aux poissons (BOYD, 1979) mais elles le sont pour d'autres organismes vivant dans les étangs, d'autant plus que, pour détruire les grands végétaux immergés ou flottants, des doses beaucoup plus élevées (5 à 10 mg.l^{-1}) sont nécessaires. Selon BACHASSON (1987), il faudrait au moins 4 mg.l^{-1} de sulfate de cuivre pour éliminer les lentilles d'eau mais, dans des eaux très riches en calcium, des concentrations de 2 mg.l^{-1} ne sont pas suffisantes pour détruire ces végétaux (SEVRIN-REYSSAC, non publié).

3. *ACTIONS DU CUIVRE SUR LE ZOOPLANCTON*

Les données disponibles relatives à l'action toxique des substances métalliques sur les invertébrés aquatiques sont beaucoup moins nombreuses que pour les poissons. Bien que les concentrations en cuivre considérées comme toxiques sur le zooplancton soient variables suivant les auteurs, ceci pour les raisons indiquées précédemment, la plupart des résultats obtenus permettent d'établir sa nocivité sur les Cladocères. Déjà, en 1934, ELLES, cité par FISHER (1956), affirmait que *Daphnia magna* ainsi que d'autres petits crustacés, étaient plus sensibles que les poissons au sulfate de cuivre. Cet auteur observe que *Daphnia pulex* est tuée au bout de 72 heures avec une concentration de 2 mg.l^{-1}. Cette plus grande sensibilité des Cladocères (*Daphnia magna* et autres espèces de Daphnies) est aussi soulignée par ANDERSON (1950) et ROSE (1954). Au cours de l'été, après un deuxième épandage de sulfate de cuivre à raison de 1 mg.l^{-1}, ROSE (ibid.) constate une disparition complète des Daphnies alors que les Copépodes Cyclopoïdes ont des effectifs stables qui restent voisins de 50 individus .l^{-1}. Avec une concentration en sulfate de cuivre plus faible (0,4 mg.l^{-1}), CRANCE (1963) constate que les Copépodes deviennent le groupe dominant, les Cladocères n'étant plus représentés que par quelques individus.

Les doses tenues pour toxiques dans les élevages au laboratoire (1 mg.l^{-1}) le sont nettement moins dans les étangs, ceci en raison de la présence dans ces derniers de substances chélatrices ou de formation de complexes avec les acides humiques (FISHER, 1956). Après un traitement à la dose de 1 mg.l^{-1}, (soit 0,25 mgl^{-1} de cuivre), Mc INTOSH et KEVERN (1974) ne constatent pas de changements significatifs dans les populations zooplanctoniques alors que, d'après leurs mesures, cette dose est au-dessus du seuil de toxicité dans les expériences réalisées au laboratoire.

Tous les résultats montrent que les Copépodes peuvent supporter des doses beaucoup plus fortes que les Daphnies. Jusqu'à 5 mg.l^{-1}, FISHER (1956) ne constate aucune mortalité et WEBER (cité par FISHER, ibid.) arrive même à la conclusion que les *Cyclops* ont la possibilité de supporter le sulfate de cuivre. Ces organismes pourraient vivre pendant 50 minutes à une concentration de 100 g.l^{-1} et, à 10 mg.l^{-1} ils survivraient pendant 6 jours. Cette plus faible sensibilité des *Cyclops* est aussi constatée par Mc INTOSH et KEVERN (1974) dont les résulats montrent que *Daphnia pulex* est 10.000 fois plus sensible au cuivre que *Cyclops sp.* Les genres *Cyclops* et *Diaptomus* survivraient indéfiniment à une concentration de 5 mg.l^{-1} alors que le genre *Daphnia* serait totalement éliminé au bout de 20 heures pour une concentration beaucoup plus faible (ROSE, 1954).

Toutefois, l'action du sulfate de cuivre sur les Cladocères est limitée dans le temps. BUTTON *et al.* (1977) notent que la plus grande partie du cuivre en solution a disparu au bout d'une heure, et qu'au bout de 24 heures, les conditions sont les mêmes qu'avant le traitement. Même si ce laps de temps est nécessaire pour réduire l'abondance du phytoplancton, de nouveaux épandages sont nécessaires. La diminution du sulfate de cuivre, imputable en partie à l'assimilation par les végétaux, est due aussi à une sédimentation (2).

Après avoir été éliminés, les Cladocères recolonisent le milieu grâce à des oeufs de durée (éphippies) que ces organismes produisent quand les conditions deviennent défavorables. Les éphippies donnent de nouveaux individus dès que la teneur en sulfate de cuivre redescend au-dessous du seuil de toxicité. Après un épandage à raison de 3 mg l^{-1}, Mc INTOSH et KEVERN (1974) constatent une baisse des Cladocères pendant 4 semaines. Toutefois, les principales espèces (*Pleuroxus denticulatus, Chydorus sphaericus, Simocephalus vetulus, Ceriodaphnia reticulata*) se développent de nouveau au bout de ce laps de temps. En raison du caractère temporaire de cette disparition, Mc INTOSH et KEVERN (ibid.) estiment que l'effet du sulfate de cuivre sur la chaîne alimentaire pélagique est peu important car les poissons modifient leur régime alimentaire vers des espèces plus tolérantes, telles que les Copépodes, quand les Cladocères sont éliminés.

On possède peu de données sur l'action du sulfate de cuivre sur les Rotifères et les Ostracodes. Mc INTOSH et KEVERN (ibid.) constatent une disparition des Rotifères pendant 10 jours après un traitement à la dose de 3 mg.l^{-1} mais un développement important après un délai de 4 semaines suivant l'application. La décomposition des plantes détruites par le cuivre favorise la multiplication des bactéries et des protozoaires de sorte que la nourriture disponible pour ces organismes est beaucoup plus abondante. BUIKEMA *et al.* (1977) ont mesuré la réponse du Rotifère *Philodinia acuticornis* (pourcentage d'individus immobilisés) à des mélanges de cuivre et de zinc. Leurs résultats montrent surtout que l'action conjointe de ces deux éléments n'était pas additive. Les Ostracodes paraissent plus résistants. A 3 mg.l^{-1}, ils ne montrent pas de réaction (Mc INTOSH et KEVERN, 1974).

Aux doses généralement utilisées pour contrôler le phytoplancton (< 2 mg.l^{-1}), les effets du sulfate de cuivre sur les Cladocères sont donc difficiles à prévoir puisqu'ils dépendent d'un grand nombre de facteurs physiques et chimiques du milieu. Toutefois, aux concentrations recommandées pour détruire les macrophytes (5 à 10 mg.l^{-1}), il y a disparition temporaire des populations de Cladocères et de Rotifères.

4. *ACTIONS DU SULFATE DE CUIVRE SUR LES AUTRES ORGANISMES DE LA FAUNE NUTRITIVE*

Des expériences ont été réalisées par ARTHUR et LEONARD (1970) sur des crustacés Malacostracés (genre *Gammarus*) et des mollusques Gastéropodes (genres *Physa* et *Campeloma*). Tous ces organismes sont assez fréquents dans les rivières, les lacs et les petits plans d'eau. Pour une exposition de 96 heures, les valeurs limites de tolérance moyenne (TLm) pour *Campeloma decisum, Physa integra* et *Gammarus pseudolimnaeus* correspondaient à des concentrations qui ont été respectivement de 1,7, 0,039 et 0,020 mg.l^{-1} de cuivre total. Une dose comprises entre 8 et 14 μg.l^{-1} est sans effet sur ces trois espèces après 6 semaines d'exposition mais les Amphipodes juvéniles issus des adultes soumis à cette expérience et laissés en contact avec le cuivre pour 6 semaines supplémentaires, n'ont atteint le stade adulte que pour des concentrations maximales de 4,6 μg.l^{-1}. Après 5 nouvelles

(2) On peut retarder la sédimentation du sulfate de cuivre en mélangeant celui-ci à de l'hydroxyméthyl amino méthane (TRIS) qui agit aussi comme chélateur mais ce produit, utilisé en aquariologie, est trop coûteux pour être employé à grande échelle

semaines d'exposition, le nombre de survivants de Gammares a été fortement réduit pour des concentrations en cuivre comprises entre 6,2 et 12,9 $\mu g.l^{-1}$. La croissance des Gammares est totalement inhibée à 28 $\mu g.l^{-1}$ (ARTHUR et LEONARD, 1970).

Parmi les Gastéropodes, le genre *Campeloma* semble supporter des concentrations beaucoup plus fortes. Cette plus grande résistance est due à la présence, chez ces individus, d'un opercule qui leur permet de s'isoler lorsque les conditions ambiantes deviennent défavorables. ARTHUR et LEONARD (ibid.) notent que l'opercule de l'animal est resté complètement fermé pendant tout le temps où la concentration du cuivre était supérieure à 1 $mg.l^{-1}$. Une reprise de la mobilité ne fut observée qu'après 24 heures alors que la concentration du cuivre était redescendue au-dessous de 0,03 $mg.l^{-1}$. Il est vraisemblable que beaucoup d'autres Gastéropodes munis d'opercules puissent survivre quelque temps dans des milieux où la concentration en sulfate de cuivre est élevée alors que des doses équivalentes provoquent la mort de nombreux autres Gastéropodes pulmonés. Toutefois, *Campeloma decisum* ne s'alimentait plus à des concentrations comprises entre 14,8 et 28 $\mu g.l^{-1}$. Toutes ces observations ont été réalisées avec une eau de lac dont le pH était de 7,6 à 7,7 et l'acalinité en Ca CO^3 de 42 à 45 $mg.l^{-1}$.

Les épandages de sulfate de cuivre destinés à limiter les proliférations végétales ont donc une action préjudiciable sur des invertébrés entrant dans l'alimentation des poissons d'étangs comme les carpes et les gardons.

5. *LA SIMAZINE ET SON MODE D'ACTION SUR LES VÉGÉTAUX AQUATIQUES*

La simazine (2 chloro -4,6 bis ethylamino-s-triazine) est une substance cristalline blanche non corrosive dont la solubilité dans l'eau ne dépasse pas 5 $mg.l^{-1}$. Elle se conserve très facilement à température ambiante. Son action inhibitrice sur la photosynthèse est bien connue. Elle est très toxique pour le phytoplancton mais ne l'est pas pour le poisson aux doses utilisées pour le contrôle des algues (MAUCK, 1974). Lorsqu'il y a bioaccumulation de cet élément chez les poissons, il disparaît au bout d'une semaine après qu'ils aient été transférés dans de l'eau pure (RODGERS, 1970).

La simazine est absorbée par les racines des plantes supérieures aquatiques d'où elle gagne les tiges et les feuilles mais elle peut agir aussi directement au niveau des feuilles qui l'absorbent plus ou moins activement. Elle n'empêche pas la germination mais détruit rapidement les jeunes plantes. Son emploi comme algicide en traitement préventif a donné de bons résultats pour limiter le développement des Cyanobactéries. On recommande des applications au printemps, en début de végétation, avant que les blooms ne deviennent trop intenses et avant que la température n'atteigne 24°C (condition favorable à la multiplication de la plupart des espèces de Cyanobactéries). Les doses peuvent atteindre 0,90 à 1,25 $mg.l^{-1}$ suivant l'importance de la végétation. MAUCK *et al.* (1976) proposent d'effectuer le traitement avant que 10 à 20 % de la surface de l'étang ne soit recouverts par une fleur d'eau. Comme pour le sulfate de cuivre, les doses conseillées sont différentes suivant les auteurs : de 0,25 à 50 $mg.l^{-1}$ en une ou deux applications (BOYD, 1979), 0,80 $mg.l^{-1}$ (TUCKER et BOYD, 1978), et jusqu'à 3 $mg.l^{-1}$ (MAUCK, 1974)

Selon WALKER (1964), la simazine serait plus efficace sous forme de granulés pour détruire les grands végétaux aquatiques mais c'est sous forme de poudre qu'elle serait plus active pour limiter les blooms de phytoplancton.

L'efficacité de la simazine pour contrôler les proliférations de phytoplancton et des plantes supérieures aquatiques est très largement reconnue. Avec 1 $mg.l^{-1}$, WHITLEY (1966) empêche la croissance des macrophytes pendant toute la saison végétative mais de moins bons résultats seraient cependant obtenus avec les plantes flottantes (FLANAGAN, 1960). Avec 2 $mg.l^{-1}$, SNOW (1963) ne constate pas de nouvelles proliférations de phytoplancton (*Hydrodictyon, Zygnema*) pour des périodes qui sont respectivement de 50 et 85 jours après les épandages. Les effets sont déjà sensibles au bout de 24 heures mais c'est surtout au cours des deux semaines suivant l'épandage que la mortalité des algues est importante. Les quantités recommandées sont généralement de 1 $mg.l^{-1}$ pour détruire les Cyanobactéries, de 1 à 2 $mg.l^{-1}$ pour détruire les macrophytes (MAUCK, 1974).

La simazine semble disparaître de l'eau assez rapidement. Elle se décompose plus vite en milieu acide qu'en milieu alcalin. Les formes en granulés persistent plus longtemps que la poudre (MAUCK, 1974). Sa persistance dans l'eau est surtout liée à l'importance de la végétation au moment des épandages. Ainsi, 16 jours après le traitement, BOYD (1979) ne trouve plus que 50 % de la dose initiale tandis que SUTTON *et al.* (1966) ne rencontrent plus que 35 % au bout de 7 jours seulement. D'autres travaux montrent que la simazine peut, dans le cas d'un manque de végétation, se maintenir dans l'eau beaucoup plus longtemps. Après un épandage à raison de 13,4 Kg ha^{-1} sur un étang en assec, la veille de sa remise en eau, TUCKER et BOYD (1979) constatent que la concentration de la simazine est restée supérieure à 0,2 $mg.l^{-1}$ pendant 4 mois. Cette persistance dans les milieux pauvres en végétation est aussi soulignée par MAUCK *et al.* (1976). Il y a, en effet, bioaccumulation de cet élément par les plantes.

Enfin, de nombreux travaux (KAUFMAN *et al.*, 1963 ; FARMER *et al.*, 1965 ; BARTHA *et al.*, 1967) font état de l'intervention de bactéries dans le processus de dégradation de la simazine, les microorganismes pouvant l'utiliser comme source d'énergie. Les produits issus de cette dégradation n'ont plus aucune efficacité sur les végétaux.

5.1. Toxicité et conditions du milieu

Comme pour le sulfate de cuivre, la température joue un grand rôle sur le degré de toxicité de la simazine. L'inhibition des algues est plus lente à 12-13°C que dans de l'eau plus chaude, cette différence étant probablement fonction d'un métabolisme plus réduit de l'algue aux basses températures (WALKER, 1964). Selon cet auteur, le mode d'action de la simazine dépendrait aussi de l'intensité lumineuse ; un temps couvert réduisant l'activité des végétaux et, par conséquent, leur faculté à absorber la simazine. Un épandage par temps froid et couvert serait donc particulièrement inefficace.

On possède peu de données sur l'action de la simazine en fonction des paramètres chimiques de l'eau. A l'encontre du sulfate de cuivre, son efficacité ne varie pas avec le pH. Un épandage n'a aucun effet direct sur ce paramètre mais l'influence cependant de façon indirecte par son action sur la végétation (MAUCK, 1974). En mobilisant le CO^2 par le processus de la photosynthèse, les plantes provoquent, en effet, une importante augmentation du pH au cours de la journée.

5.2. Action de la simazine sur le zooplancton

Aucun préjudice n'a été observé. Après deux années de suivi, MAUCK *et al.* (1976) ne notent aucun effet nuisible

résultant de la présence de cet élément dans l'eau. La non toxicité sur le zooplancton est aussi soulignée par SNOW (1963) et GILDERHUS (1969), après un traitement à la dose de 2 mgl^{-1}. Avec 1 mgl^{-1}, WHITLEY (1966) trouve même un zooplancton plus abondant que dans les milieux témoins.

Toutefois, un léger déclin du zooplancton peut apparaître lorsque sa principale source de nourriture (le phytoplancton) est réduit considérablement (WHITLEY, ibid.) Un effet sur certains organismes du Zooplancton (le Cladocère *Daphnia magna* et l'Ostracode *Cupridopsis vidua*) a été observé par SANDERS (1970) au bout de 48 heures avec 1 mg.l^{-1} de simazine pour le Cladocère et 3,2 mg.l^{-1} pour l'Ostracode, mais l'auteur précise qu'il s'agit plutôt d'une immobilisation que d'une mort véritable.

5.3. Action sur les autres organismes de la faune nutritive

Les observations effectuées au laboratoire (WALKER, 1964) ou dans les étangs (GILDERHUS, 1969) montrent que la simazine est sans effet sur la faune nutritive WHITLEY (1966) remarque même que les larves d'Ephémères ou d'Odonates étaient particulièrement abondantes dans les milieux traités à la simazine. La mortalité des organismes ne se situerait qu'à des doses non pratiquées dans les étangs : plus de 100 mg.l^{-1} après 48 heures d'exposition pour les crustacés des genres *Asellus, Gammarus, Palaemonetes, Orconectes* (SANDERS, 1970), 28 mg.l^{-1} après 96 heures d'exposition pour les Oligochètes et les larves de Tendipèdes (WALKER, 1964). Dans ces deux exemples où la valeur du seuil de toxicité dépasse le maximum de solubilité (5 mg.l^{-1}), la mesure porte sur la totalité de la simazine, qu'elle soit ou non en solution.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS PRATIQUES

Des succès ont été obtenus avec le sulfate de cuivre et la simazine pour réduire les blooms phytoplanctoniques et notamment la formation de fleurs d'eau à Cyanobactérires. Toutefois, leur utilisation n'est pas sans danger. De forts déficits en oxygène entraînant des mortalités de poissons peuvent suivre le traitement. Dans le cas d'applications de sulfate de cuivre, il y a, même aux concentrations utilisées pour le contrôle du phytoplancton, mortalité d'un grand nombre d'invertébrés qui constituent un aliment naturel pour les poissons. Les applications doivent être faites préventivement et non quand les végétaux constituent une très importante biomasse. Compte tenu du rôle considérable que jouent les conditions physico-chimiques sur le degré de toxicité de ces éléments, leur efficacité reste très aléatoire. Ainsi, l'emploi du $CuSO^4$ est lié à une connaissance très précise de la dureté de l'eau. De plus, les travaux signalant son rôle possible dans l'élévation de la réceptivité des poissons à diverses infections doivent inciter à la prudence et faire éviter la prescription inconsidérée de ce produit.

BIBLIOGRAPHIE

ANDERSON, B.G., 1944. — The toxicity thresholds of various substances found in industrial wastes as determinate by the use of *Daphnia magna. Sewage Works J.*, 16 : 1156-1165.

ANDERSON, B.G., 1950. — The apparent thresholds of toxicity to *Daphnia magna* for chlorides of various metal when added to lake Erie water. *Trans. amer. Fish. Soc.*, 78 : 96-113

ARTHUR, J.W., et LEONARD E.N., 1970. — Effects of copper on *Gammarus pseudolimnaeus, Physa integra* and *Campeloma decisum* in soft water. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 27 : 1277-1283.

BACHASSON, B., 1987. — Mise en valeur des étangs IFOTERM ed. Poisy. France : 1-168

BARTHA, R., LANZILOTTA R.P., et PRAMER D., 1967. — Stability and effects of some pesticides in soil. *Appl. Microbiol*, 15 : 67.

BIESINGER, K.E., ANDREW R.W. et ARTHUR J.W., 1974. — Chronic toxicity of NTA (nitrilotriacetate) and metal-NTA complexes to *Daphnia magna. J. Fish. Res. Bd. Canada*, 31 (4) : 486-490.

BIESINGER, K.E., et CHISTENSEN G.M., 1972. — Effects of various metals on survival, growth, reproduction and metabolism of *Daphnia magna. J. Fish. Res. Bd. Canada*, 29 (12) : 1691-1700.

BOYD, C.E., 1979. — Water quality in warmwater fish ponds. Auburn. Univ. Agricult. Exp. Sta., U.S.A. : 1-359

BUFFLE, J., 1977. — Les substances humiques et leurs interactions avec les ions minéraux. *Tech. Sci. Municip.*, 1 : 3-10.

BUIKEMA, A.L., SEE C.L. et CAIRNS J., 1977 — Rotifer sensitivity to combinations of inorganic water polluants. OWRT Project A 071 VA VPI VWRRC, bull. 92

BUTTON, K.S., HOSTETTER H.P. et MAIR D.M., 1977. — Copper dispersal in a water supply reservoir. *Water Res.*, 11 : 539-544.

CAIRNS, Jr., HEATH A.G. et PARKER B.C., 1975. — The effects of temperature upon toxicity of chemical to aquatic organisms. *Hydrobiol.*, 47 (1), 135-171.

CAMPBELL, P.G C., et STOKES P.M., 1985. — Acidification and toxicity of metals to aquatic biota. *Can. J. fish. aquat. Sci.*, 42 : 2034-2049

CRANCE, J.H., 1963. — The effects of copper sulfate on *Microcystis* and zooplankton in ponds. *Proq. Fish. Cult.*, 25 (4) : 198-202.

DANIELLI, J.F., et DAVIES J.T., 1951. — Reactions at interfaces in relation to biological problems. *Adv. Enzymol.*, 11 : 35-89.

DUSSART, B., 1966. — Limnologie. L'étude des eaux continentales. Gauthier-Villars, Paris : 1-676

FARMER, F.H., BENOIT R.E. et CHAPPELL W.E., 1965. — Simazine, its effect on nitrification and its decomposition by soil microorganisms. *Proc. Northeast Weed Control*, 19 : 350.

FISHER, A., 1956. — The effect of copper sulfate on some microorganism in fish ponds. *Bamidgeh. Bull. Fish. Cult. Israël*, 8 (2) : 21-27.

FLANAGAN, J.H., 1960. — A review of simazine for aquatic weed control. *Proc. Northeast Weed Contrôl. Conf.*, 14 : 502-505.

FOGG, G.E., STEWART W.D.P., FAY P. et WALSBY A.E., 1973. — The Blue-green algae. Acad. Press, New-York : 1-459

GIBSON, C.E., 1972. — The algicidal effect of copper on a green and a blue-green alga and some ecological implications. *J appl Ecol.*, 9 . 513-518

GILDERHUS, P.A., 1969. — Some effects of long term exposure to simazine on goldfish, bluegills and aquatic invertebrates. Unpublished Rep. (cité par MAUCK, 1974).

HEWITT, L.A., et ANDERSON P.D., 1979. — Aspects of supra-additive interactions between cadmium and copper in fish exposed to lethal mixtures *Pharmacology*, 21 (3) : 210 (résumé).

HORNE, A.J., et GOLDMAN C.R., 1974. — Suppression of nitrogen fixation by blue-green algae in a eutrophic lake with trace additions of copper. *Science*, 183 : 409-411

JEWELL, W J., 1971. — Aquatic weed decay ; dissolved oxygen utilization and nitrogen and phosphorus regeneration. *J Water Pollut. Contr. Fed.*, 43 (7) : 1457-1467.

KAUFMAN, D D , KEARNEY P.C. et SHEETS T.J., 1963. — Simazine : degradation by soil microorganisms. *Weed Soc. Ann. Abst.*

KESSLE, S., 1960 — Eradication of blue-green algae with copper sulfate. *Bamidgeh*, 12 : 17-19.

L'HOPITAULT, J.C. et POMMERY, J., 1982. — Le pouvoir complexant de différentes fractions de matières humiques vis-à-vis des pesticides et des métaux. *Sciences de l'eau*, 1 (1) : 85-92.

LLOYD, R., 1965. — Factors that affect the tolerance of fish to heavy metal poisoning In ; C.D. Tarzwell ed., Biological problems in water pollution. U S. Dept. Health, Educ. and Welfare.

MALONEY, T.E., et PALMER C M., 1956. — Toxicity of six chemical compounds to thirty cultures of algae. *Water and Sewage Works*, 103 : 509-513

MAUCK, W.L., 1974. — A review of the literature on the use of simazine in fisheries. Bureau of sport fisheries and wildlife. U.S Dep. of Commerce, Nat. Techn. Inform. Serv. Nat. Fish. Res. Lab, Columbia, Missouri, U.S.A. : 1-36.

McINTOSH, A W., et KEVERN N.R., 1974. — Toxicity of copper to zooplankton. *J. Environ Qual.*, 3 : 166-170.

McKEE, J.E. et WOLF H W., 1963. — Water quality criteria. 2nd ed. State of Calif., State Water quality control board, Publ. 3-A, Sacramento : 1-548.

MAUCK, W.L., FOSTER L., MAYER Jr. et HOLZ D., 1976. —Simazine residue dynamics in small ponds. *Bull. Environ Contam. Toxicol*, 16 (1) : 1-8.

MOUNT, D.I. et STEPHAN C.E., 1969. — Chronic toxicity of copper to the fathead minnow (*Pimephales promelas*) in soft water. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 26 : 2449-2457.

PAGENKOPF, G.K., RUSSO R., et THURSTON R.V., 1974. — Effect of complexation on toxicity of copper to fishes. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 31 : 462-465.

PALMER, C.M., 1962. — Algae in water supplies. U.S. Public Health Ser., Publ. 657 : 1-88

REYNOLDS, C.S. et WALBSBY A.E., 1975. — Water blooms. *Biol. Rev.*, 50 : 437-481.

ROBARTS R.D. et ZOHARY T., 1987. — Temperature effects on photosynthetic capacity, respiration and growth rates of bloom forming cyanobacteria. *New Zeal. J. Mar. Fresh. Res.* 21 (3) : 391-399.

RODGERS, C.A , 1970. — Uptake and elimination of simazine by green sunfish (*Lepomis cyanellus* Raf.). *Weed Sci.*, 18 : 134

ROSE, E.T., 1954. — Blue-green algae control at Storm lake. Proc. Iowa Acad. Sci., 61 : 604-614.

RUETER, J.G. et PETERSEN, R.R., 1987. — Micronutrient effects on cyanobacterial growth and physiology. New Zeal. *J. Mar. Fresh. Res.*, 21 (3) : 435-445.

SANDERS, H.O., 1970. — Toxicities of some herbicides to six species of freshwater crustaceous. *J. Water Poll. Contr. Fed.*, 42 (8) : 1544-1550.

SCHAPERCLAUS, W., 1962. — Traité de pisciculture en étang (trad. Appert et Appert). Vigot, Paris, 620 p.

SNOW, J.R., 1963. — Simazine as an algicide for bass ponds. *Proc Fish. Cult.*, 25 (1) : 34-36.

SPRAGUE, J.B., 1968. — Promising Anti-polluant : Chelating agent NTA Protects Fish from copper and Zinc. *Nature*, 220 : 1345-1346

STIFF, M.J., 1971. — Copper/Bicarbonate equilibria in solution of bicarbonate ion at concentrations similar to those found in natural water. *Wat. Res.*, 5 : 171-176.

SUTTON, D.L., EVRARD T.O. et BINGHAM S.W., 1966 — The effects of repeated treatments of simazine on certain aquatic plants and residue in water. Proc. N.W. Weed Control Conf. 20 : 464-468

TUCKER, C.S. et BOYD C.E., 1978. — Consequences of periodic applications of copper sulfate and simazine for phytoplancton control in catfish ponds. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 107 : 316-320.

WALKER, C.R., 1964. — Simazine and other s-triazine compounds as aquatic herbicides in fish habitats. *Weeds*, 12 (2) : 134-349.

WHITLEY, J.R., 1966. — Control of undersable aquatic vegetation. Rapport non publié cité par MAUCK, 1974.

STRUCTURE SPATIO-TEMPORELLE D'UN PEUPLEMENT DE DIPTÈRES DOLICHOPODIDES LE LONG D'UN TRANSECT CULTURE/COTEAU CALCAIRE/VALLÉE HUMIDE (VALLÉE DE LA SOMME)*

par Christine BRUNEL(1), Etienne BRUNEL (2) et Serge FRONTIER(1)

MOTS-CLÉS : Analyse Factorielle des Correspondances - Diagramme rangs-fréquences - Diversité - Diptères Dolichopodides - Indicateur écologique.

RÉSUMÉ
(Travail original)

La répartition spatio-temporelle de l'entomofaune est étudiée dans divers milieux adjacents (plateau cultivé / coteau calcaire en friche / fond de vallée pâturée) échantillonnés le long d'un transect par pièges attractifs jaunes pendant deux années consécutives. Une approche synécologique, par la mise en oeuvre de méthodes mathématiques (analyse factorielle des correspondances, diagramme rangs-fréquences, indice de diversité de Shannon), a permis de révéler l'existence d'ensembles plurispécifiques ainsi que de facteurs écologiques clés responsables de leurs répartitions. Les groupements liés aux conditions extrêmes des gradients de répartition constituent alors des indicateurs écologiques fiables. L'individualité écologique des genres de Diptères Dolichopodides est également mise en évidence.

KEY-WORDS : Factorial Analysis of Correspondance - Rank-frequency diagram - Diversity - Diptera Dolichopodidae - Ecological indicator.

SUMMARY
(Original scientific paper)

Spatio-temporal structure of populations of Dolichopodidae Diptera along a transect cultivated field / limestone slope / wet bottom (Somme river, France).

Spatio-temporal distribution of insect Communities was investigated through various environmental sites. Samples were taken with yellow attractive traps, along a transect from a cultivated field to a limestone slope then to a wet bottom, during two years. A synecological approach was made using mathematical methods (factorial analysis of correspondence, diversity index, rank-frequency diagram) which gave evidence of faunistic assemblages and also of some key factors that determine the spatio-temporal distribution. The communities linked with extreme conditions of the distribution gradients, appeared to be reliable ecological indicators. Ecological individuality of Dolichopodidae Diptera genera was also assessed.

INTRODUCTION

Les zones humides ont longtemps été considérées comme des terres inutiles voire nuisibles et ont été drainées ou utilisées comme décharges. Les marais naturels de certaines vallées comme celle de la Somme continuent de disparaître progressivement pour faire place aux extractions de granulats. Une réhabilitation, souvent maladroite, de ces gravières conduit peu à peu à l'artificialisation des milieux humides et donc à leur appauvrissement floristique et faunistique.

Aussi, dans le but de les sauvegarder et de sensibiliser l'opinion publique, une étude écologique a été intitiée dans le cadre de la mise en place du Centre d'Animation Biologique et Archéologique de la Vallée de la Somme (S.A.M.A.R.A.). Un bilan écologique initial, demandé par les instances régionales et départementales à l'U.F.R. des Sciences d'Amiens, a porté sur la connaissance qualitative et quantitative de la flore et de la faune. La partie entomologique a fait l'objet d'une analyse préliminaire (BRUNEL, 1983) qui a révélé une grande diversité spécifique et une forte abondance faunistique. Au-delà de ces aspects, nous avons voulu savoir si la proximité d'espaces artificialisés tels que les cultures jouaient un rôle important du point de vue de la dynamique entomocoenotique, les études d'impact actuelles confortant, quant à elles, l'utilité de cette coexistence pour l'équilibre tant écologique que paysager d'un territoire.

L'étude des entomocoenoses associées à des biotopes semi-naturels (zone marécageuse à *Carex*, prairie très humide, coteau calcaire) et à un biotope très artificialisé (culture céréalière de blé) disposés les uns à côté des autres selon un gradient d'humidité, semblait répondre à ces préoccupations. Nous les avons échantillonnés suivant un transect très court de 200 m, durant deux années consécutives. La frange herbacée située entre la culture et la friche avoisinante a été plus particulièrement étudiée.

(1) Université des Sciences et Techniques de Lille Laboratoire d'Écologie Numérique SN3 — 59655 Villeneuve d'Ascq Cedex, France

(2) INRA Centre de Recherches de Rennes Laboratoire de Recherches de la Chaire de Zoologie. B.P. 29 — 35650 Le Rheu, France

* Reçu le 11 octobre 1988, version modifiée reçue le 30 avril 1990, acceptée le 8 juin 1990.

Les éventuels échanges fauniques entre ces divers milieux ont été suivis selon deux types d'approche :

— une approche autoécologique : répartition dans l'espace (chorologie), répartition dans le temps (phénologie), et conditionnement par les facteurs climatiques ;

— une approche synécologique. Celle-ci a nécessité la mise en oeuvre de méthodes mathématiques : analyses factorielles, analyse de la diversité spécifique à l'aide des indices de diversité et des diagrammes rangs-fréquences.

Les relevés entomologiques se sont limités aux deux ordres d'insectes les plus abondamment capturés à l'aide des pièges jaunes : les diptères et les hyménoptères. Les taxons déterminés à l'espèce sont les hyménoptères symphytes ou tenthrèdes (CHEVIN & BRUNEL C., 1985), les diptères Stratiomyidae (MARTINEZ & BRUNEL C., 1986), Sciomyzidae (VALA & BRUNEL C., 1987), Agromyzidae et Dolichopodidae. Les diptères Syrphidae et les hyménoptères aporites n'ont été déterminés à ce jour qu'au niveau supraspécifique. L'ensembles des résultats a déjà été analysé (BRUNEL C., 1987) ; nous présenterons ici les résultats relatifs aux diptères Dolichopodidae, qui ont fait l'objet des analyses les plus approfondies du fait de leur forte représentation dans nos captures. Toutes les espèces de cette famille sont probablement prédatrices tant à l'état larvaire qu'à l'état adulte. L'abondance de ces espèces et leur forte diversité permettent d'envisager leur utilisation dans le cadre d'une typologie de milieux.

DESCRIPTION DU SITE

Le site d'étude est localisé à 13 km à l'ouest d'Amiens, le long de la vallée de la Somme, sur la commune de la Chaussée-Tirancourt, au lieu-dit «le Camp César». Il est constitué de deux types de milieux :

— **un milieu sec** : le «Camp César» proprement dit, un ancien oppidum gaulois de 12,5 ha, est un plateau crayeux se présentant sous la forme d'un éperon barré. Les flancs constitués de coteaux calcaires occupés par des steppes étaphiques sur rendzines grises, constituant ce que l'on appelle en Picardie les «larris». La nature de ce substrat estompe les effets du climat humide de la région et permet l'installation de plantes thermophiles et xérophiles, caractéristiques de ces coteaux picards. Le plateau crayeux fait partie de la zone agricole

— **un milieu humide** : contrastant fortement avec les plateaux secs, un système de vallées humides (vallée de la Somme, vallée d'Acon) s'entaille dans la craie. Le dénivelé entre le sommet des versants et le fond alluvial est d'une cinquantaine de mètres.

Le sous-sol est en grande partie constitué par des assises Crétacées et Tertiaires qui occupent près de 90 % de la superficie, la moitié étant constituée de craie. La plus grande partie du fond des vallées a été comblée par des dépôts contemporains de la dernière glaciation (Weichsélien). Des faciès graveleux, sableux et limoneux alternent avec des lits de tourbe neutre ou légèrement basique.

Le site est sous l'influence d'un climat atlantique légèrement atténué. La moyenne annuelle des pluies est de l'ordre de 640 mm et la température moyenne annuelle d'environ de 10°C. Les vents dominants sont les vents d'ouest

L'action de l'Homme, sur ce secteur, s'est manifestée à divers degrés selon les époques. Les formations tourbeuses ont été assez importantes pour justifier une exploitation depuis le Moyen-Âge jusqu'au début du XXème siècle. Cette extraction artisanale de tourbe a contribué ainsi au «rajeunissement» écologique des zones humides et a créé des dépressions, à l'origine de nos marais actuels. Depuis, ce milieu évolue lentement, la dynamique végétale tendant inéxorablement de le combler. Les prairies humides et les coteaux calcaires étaient régulièrement pâturés jusqu'à ces dernières années. L'ensemble de ces zones faiblement anthropisées puis laissées à l'abandon constitue donc un milieu semi-naturel. En revanche, des dégradations ponctuelles plus récentes ont été réalisées à une échelle quasi-industrielle. Sur les milieux secs : introduction d'essences prolifiques comme le pin noir d'Autriche, extraction de craie (la qualité de cette craie non gélive est en grande partie à l'origine de la construction de la Cathédrale d'Amiens), moto-cross sauvage, mise en culture du plateau crayeux, etc... ; sur les milieux humides de la vallée de la Somme : aménagement de huttes de chasse, plantation de peupliers qui drainent le sol mais asphyxient également le milieu aquatique par accumulation des feuilles, création de baliastières (extraction de cailloux roulés, des graviers et des sables du fond de vallée) à proximité du site d'étude, etc...

MÉTHODOLOGIE

1. *TECHNIQUE DE RECOLTE CHOISIE : LE PIEGE JAUNE*

1.1. Description

Il s'agit d'un récipient à fond plat rempli aux trois quarts d'eau additionnée de quelques gouttes d'un mouillant inodore (teepol) qui empêche les insectes, attirés par la couleur ou la présence d'eau, d'en ressortir, et permet leur conservation temporaire tout en ne les décolorant pas (GASPAR *et al.*, 1968). La très grande majorité des insectes ainsi recueillis sont des diptères. Viennent également bon nombre d'hyménoptères, aphidiens et coléoptères floricoles. Sur le terrain, les insectes noyés sont récoltés sur un filtre en mousseline puis, de retour au laboratoire, stockés à l'obscurité dans de l'alcool à 70°.

En raison de leurs nombreux avantages, ces pièges sont devenus les auxiliaires habituels de nombreuses études tant fondamentales (BRUNEL E., 1971 ; CHEVIN & CHAMBON, 1984 ; LEPRETRE, 1988) qu'appliquées (COUTURIER, 1972 ; VINCENT, 1975 ; CHAMBON *et al.*, 1984 ; BALLATORI et al., 1980).

Le pouvoir attractif des surfaces colorées a été démontré depuis longtemps (BROADBENT, 1948 ; MOERICKE, 1951) et étudié par de nombreux auteurs (ROTH & COUTURIER, 1966 ; BRUNEL E. & LANGOUET, 1970 ; DUVIARD & ROTH, 1973 ; BALDY & RABASSE, 1983). Des études méthodologiques ont mis en évidence l'influence de la hauteur de piégeage (ROBERT *et al.*, 1974), de la forme et de la dimension des pièges (COSTA & LEWIS, 1967 ; BRUNEL E. & RABASSE, 1975), du nombre de pièges (RABASSE *et al.*, 1982), des facteurs abiotiques et biotiques (BAILLOT & TREHEN, 1974 ; BRUNEL & BLOT, 1975).

Dans le souci de standardiser cette méthode pour pouvoir ultérieurement réaliser des études comparatives, nous avons choisi d'utiliser les pièges jaunes de 25 × 25 cm, profonds de 10 cm, comme les réalisent actuellement les équipes d'entomologistes de Lille (LEPRETRE, 1981 et 1988 ; TAYOUB, 1985 et 1987), de Gembloux en Belgique (JACOB-REMACLE & LECLERCQ, 1980) et de l'I.N.R.A. de Rennes (ROBERT *et al.*, 1974). La peinture utilisée est le jaune Sigma de formule «Chinolith Base 3058 + 606 - 7», fabriqué pour piéger les insectes phytophages, diptères et pucerons à l'I.N.R.A. de Rennes. Le domaine spectral de diffusion se

situe entre 400 et 700 nm. Des orifices de trop pleins latéraux ont été pratiqués pour éviter les débordements (donc les pertes de capture) lors de pluies abondantes.

Peu onéreux, les pièges jaunes sont d'application facile sur le terrain car utilisables n'importe où, à diverses hauteurs au-dessus du sol, sans destruction ni perturbation du milieu. Ils garantissent, en outre, un bon état des insectes, avec des manipulations réduites (LE BERRE & ROTH, 1969) autorisant une multiplication du nombre de pièges dans l'espace et dans le temps.

1.2. Significativité de la technique de récolte

Il n'est pas question de vouloir rapporter la collection obtenue à un volume défini de l'espace, et de la considérer comme une image fidèle du peuplement *in situ*. En effet, le nombre de captures d'une espèce pendant un temps donné est proportionnel non seulement à sa densité dans le milieu mais également à son activité — laquelle dépend de nombreux facteurs : espèces se déplaçant plus fréquemment ou plus vite que d'autres ; état physiologique, conditions météorologiques etc... Au mieux, on échantillonne par cette méthode non pas la densité d'une espèce, mais la fréquence des rencontres avec une surface prise comme référence : celle du piège. De ce point de vue, ROTH (1968) appelle «population opérationnelle» l'ensemble des insectes ayant vécu ou transité dans un certain volume et une période donnée.

Écologiquement parlant, cette fréquence de rencontres est donc plus significative encore que la densité de l'espèce, puisque les interactions entre espèces dépendent de cette fréquence et donc de la mobilité des espèces.

A ce facteur de sélection s'ajoutent d'autres causes de biais, de signification moins écologique. Ainsi, l'attraction par la couleur jaune n'est pas la même pour toutes les espèces ni, pour une espèce donnée, pour toute la durée de sa période imaginale : par exemple, la phase de vol est liée à la reproduction chez les Sciaridae et Chironomidae et à la dispersion chez les pucerons et les Empididae (*).

Nous échantillonnons donc, en fait, les espèces attirées par la couleur jaune et/ou une surface d'eau à un moment de durée variable de leur phase adulte. Cette restriction devra évidemment être prise en compte lors de l'interprétation des résultats.

Il s'y ajoute l'inefficacité de ces pièges par mauvais temps, puisqu'alors les insectes ne volent pas : il faudra donc interpréter les effectifs recueillis en fonction des caractéristiques climatiques locales et journalières (CHAUVIN & ROTH, 1966).

Cependant les distorsions fournies par le piège jaune par rapport à une image de l'entomocoenose présente dans un volume défini à un instant donné, ne sont pas supérieures à celles des autres méthodes d'échantillonnage. Comme en outre l'échantillonnage est proportionnel à l'activité des espèces présentes au voisinage du piège, nous avons considéré que la méthode correspondait au but proposé, à savoir la mise en évidence de différences écologiques entre stations et dates d'échantillonnage du point de vue de la dynamique des peuplements.

Pour la cohérence de l'étude, nous nous sommes limités volontairement à ce seul mode de piégeage.

(*) Chez les Dolichopodidae le déterminisme de la phase de vol est encore inconnu

2. *PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE*

2.1. Choix du dispositif de piégeage

2.1.1. Hauteur du piégeage

Tout dispositif placé à même le sol dès le printemps voit son pouvoir d'attraction diminuer au cours du temps. En effet, la végétation forme progressivement un écran qui occulte les surfaces colorées. Les pièges ont donc été placés à 50 cm du sol, hauteur intermédiaire permettant de capturer à la fois les espèces volant préférentiellement dans la strate herbacée et celles qui volent plutôt dans la strate arbustive voire la strate arborée. De plus, cette hauteur évite la capture d'animaux indésirables tels que les Amphibiens, les Collemboles et surtout les Limaces dont le mucus agglomère les insectes et accentue considérablement la difficulté du tri.

2.1.2. Unité de piégeage

Une unité de piégeage comprend plusieurs pièges groupés sur la même station. Un tel dispositif permettra en effet, lors d'une exploitation statistique des données, de tester l'homogénéité des stations. Il importe de savoir si la différence constatée entre deux échantillons est réellement due à des conditions écologiques différentes ou résulte de facteurs aléatoires (FRONTIER, 1983).

L'utilisation d'une unité de piégeage de trois bacs faiblement distants (3 à 4 m) par station est conseillée par GASPAR *et al.*, (1968). Ce dispositif a été choisi pour l'année 1983. La faible quantité capturée pour certains taxons nous a conduit, pour l'année 1984, à utiliser cinq bacs par station espacés d'environ 3 m. Une plus grande souplesse de tri est ainsi autorisée : exploitation des cinq bacs pour les taxons rares, de trois bacs seulement pour les groupes abondants.

2.2. Choix des stations de piégeage et périodicité des relevés

Nous avons établi une périodicité des relevés permettant d'appréhender l'écosystème à différentes échelles spatio-temporelles.

La réalisation de transects permet de suivre le comportement d'une espèce en fonction d'une variation continue des facteurs fondamentaux, et de mettre en évidence les préférences stationnelles et les seuils au-delà desquels l'espèce n'a plus la possibilité de s'installer (PAUTOU & GENSAC, 1973). Nous avons donc réalisé, dans la vallée d'Acon, affluent de la Somme, un transect milieu humide/milieu sec exprimant sur une courte distance (200 m) un gradient d'artificialisation rendu possible par la proximité immédiate des coteaux calcaires de l'oppidum (Fig. 1). Le long de ce transect, des ceintures végétales très nettes avaient permis en 1983 de délimiter quatre stations de piégeages (notées : A, B, C, E). L'année suivante, nous avons prolongé ce transect jusque dans les cultures du plateau de l'oppidum et nous avons renforcé le dispositif de piégeage de part et d'autre de la lisière séparant les milieux cultivés des milieux restés en friche. Nous avons ainsi défini sept stations, installées au sein de cinq ceintures végétales se répartissant comme suit, du milieu le plus sec jusqu'au milieu le plus humide :

— Stations G et F : **Plateau crayeux** cultivé en vesce et moutarde en 1983 puis en blé en 1984. S'y développent éga-

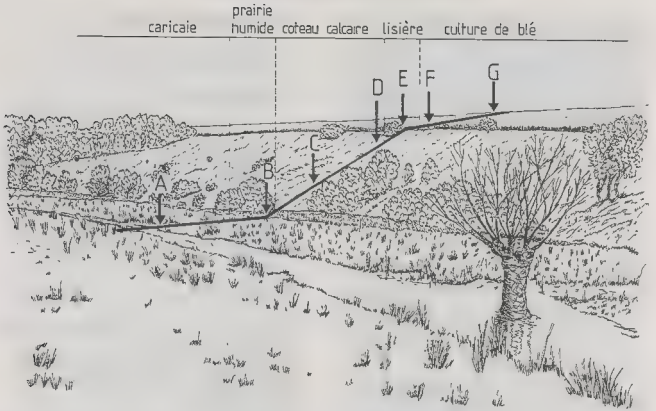


FIG. 1. — Transect de la vallée d'Acon.
Transect trought the Acon valley

lement des plantes adventices de culture sarclée et diverses nitrophiles.

— Station E : **Ecotone** entre le plateau cultivé et le coteau calcaire, c'est-à-dire entre un espace artificialisé et un espace semi-naturel.

— Stations D et C : **Vaste coteau calcaire** exposé au nord ouest. C'est une pelouse bien dégagée, à végétation fermée, dominée par *Brachypodium pinnatum*. Il y a peu de colonisation arbustive.

— Station B : **Prairie humide** correspondant à une zone intermédiaire entre le milieu sec (coteau calcaire) et le milieu humide (caricaie). Elle est caractérisée par un groupement prairial hygrophile mal pâturé et des arbustes pionniers tels que *Crataegus monogyna*.

— Station A : **Importante caricaie** qui est traversée par un petit ruisseau d'eau courante en cours de comblement par les végétaux aquatiques (notamment le cresson) et parsemée de petites mares.

On suit ainsi une hygrosérie presque complète depuis les talus calcaires jusqu'aux mares tourbeuses du fond de vallée. Le descriptif phytosociologique figure dans une publication précédente (BRUNEL C., 1987).

Au milieu de chacune de ces stations un alignement de cinq pièges jaunes, parallèle aux ceintures végétales, a été installé. Les alignements d'une station à l'autre sont distants de 30 m environ sauf entre les stations d'interface D, E et F où ils sont distants d'environ 3 m.

L'échantillonnage est continu : les pièges sont permanents et ont été relevés toutes les semaines d'avril à octobre, durant deux années consécutives. Seules les stations A, B, C et E ont été échantillonnées en 1983 ; l'ensemble du transect (de A à G) l'a été en 1984 avec cependant une interruption début août, du fait de la moisson, dans les stations cultivées (F et G).

3. *DÉPOUILLEMENT DES ÉCHANTILLONS*

Les Dolichopodides ont fait l'objet d'une exploitation complète de toutes les récoltes de 1983 et partielle (3 pièges sur 5 par station) pour 1984, permettant ainsi une comparaison aisée de deux années consécutives avec un même nombre de pièges. Dans chaque cas, le dénombrement intégral de l'échantillon a été réalisé par espèce et par sexe. Pour le traitement mathématique des données, afin de travailler sur des effectifs plus importants donc plus représentatifs, les résultats des pièges d'une même station ont été totalisés par espèce sexes confondus. Toutefois, le détail des relevés par piège et par sexe reste disponible.

TABLEAU I

Liste faunistique et codage
List of species and abreviations

Codage A F.C.	Espèces	Nom d'auteur
	CHRYSOSOMATINAE	
G11	SCIOPUS (SCIAPUS)	
SCl	S. longulus	(Fallén)
SCp	S. platypterus	(Fabricius)
	DOLICHOPODINAE	
G1	DOLICHOPUS	
	* D. agilis	Meigen
	D. andalusiacus	Strobl
	* D. angustipennis	Kertesz
	D. atratus	Meigen
Dc	D. campestris	Meigen
	D. claviger	Stannius
Dcr	D. cruralis	Wahlb
De	* D. excisus siculus	Loew
Dg	D. griseipennis	Stannius
Dla	D. latelimbatus	Macquart
Dl	D. linearis	Meigen
	D. longicornis	Stannius
	D. longitarsis	Stannius
	* D. maculipennis	Zetterstedt
Dn	D. nubilus	Meigen
Dp	D. pennatus	Meigen
Dpl	D. plumipes	(Scopoli)
Dpo	D. popularis	Wiedemann
Dps	D. pseudocilifemoratus (cilifemoratus)	Stack Macquart
	D. signatus	Meigen
	D. ungulatus	(Linné)
	D. urbanus	Meigen
	MACRODOLICHOPUS	
	M. diadema	Haliday
G2	HERCOSTOMUS	
Hce	H. celer	(Meigen)
Hc	H. chalybeus	(Wiedemann)
Hch	H. chrysozygos	(Wiedemann)
	H. germanus	(Wiedemann)
Hm	H. metallicus	(Stannius)
Hn	H. nanus	(Macquart)
	H. nigrilamellatus	(Macquart)
	H. plagiatus	(Loew)
G12	POECILOBOTHRUS	
P	P. nobilitatus	(Linné)
	TACHYTRECHUS	
	T. notatus	(Stannius)
	HYDROPHORINAE	
	PEODES	Loew
	SCHOENOPHILUS	
	S. versutus	(Haliday)
	MEDETERINAE	
G18	DOLICHOPHORUS	
DO	D. kerteszi	Lichtw
G8	MEDETERA	
Md	M. dendrobaena	Kowarz
Mdi	M. diadema	(Linné)
	M. pallipes	(Zetterstedt)
	M. tristis	(Zetterstedt)
	M. sp.	
	OLIGOCHAETUS (MEDETERA)	
	O. perplexus	Becker
	TRYPTICUS	
	T. bellus	Loew
	RAPHIINAE	
	PORPHYROPS (RAPHIUM)	
	P. commune	(Meigen)
	P. elegantulum	Meigen)
	P. fascipes	(Meigen)
	P. laticorne	(Fallén,
	P. micans	(Meigen)
G10	XIPHANDRIUM (RAPHIUM)	
	X. laticorne	(Fallén)
	X. macrocerum (appendiculatum)	Meigen (Zetterstedt)
	X. quadrispinosum	Strobl
	* X. tridens	Becker
	* X. umbripenne	Frey
	X. zetterstedti (caliginosum)	Parent Meigen
	X. sp.	
G4	SYNTORMON	
Sme	S. metathesis	Loew
Sm	S. monilis	(Haliday)
Sp	S. pallipes	(Fabricius)
Spu	S. pumilus	(Meigen)
Sr	S. rufipes (filiger)	Meigen Verrall
	S. setosus	Parent
	S. spicatus	(Loew)
	S. zelleri	(Loew)
	SYSTENUS	
	S. pallipes	(von Roser)
	ACHALCUS	
	A. cinereus	(Haliday)
	A. flavicollis	(Meigen)
G17	NEMATOPROCTUS	
N	N. distendens	(Meigen)
	DIAPHORINAE	
	DIAPHORUS	
	D. oculatus	(Fallén)
	D. unguiculatus	Parent
G5	CHRYSOTUS	
Cb	C. blepharosceles	Kowarz
Cc	C. cilipes	Meigen
Cco	C. collini	Parent
Ccu	C. cupreus	Macquart
	C. anderleini	Parent
Cf	C. femoratus	Zetterstedt
	C. gramineus	(Fallén)
Cme	C. melampodius	Loew
Cm	C. microcerus	Kowarz
Cmo	C. monochaetus	Kowarz
Cn	C. neglectus	(Wiedemann)
Cp	C. pulchellus	Kowarz
Cs	C. suavis	Loew
	C. varians	Kowarz
	MELANOSTOLUS	
	* M. nigricilius	Loew
G6	ARGYRA	
Aa	A. argyria	(Meigen)
Ad	A. diaphana	(Fabricius)
Adi	A. discedens	Becker
Al	A. leucocephala	(Meigen)
	A. sp.	
G15	LEUCOSTOLA (ARGYRA)	
LE	L. vestita	(Wiedemann)
	CAMPSICNEMINAE	
G3	CAMPSICNEMUS	
CAa	C. armoricanus	Parent
CAc	C. curvipes	(Fallén)
	C. loripes	(Haliday)
CAl	C. lumbatus	Loew
	C. picticornis	(Zetterstedt)
CAs	C. scambus	(Fallén)
	SYMPYCNUS	
	S. aeneicoxa	(Meigen)
	S. annulipes (desoutteri)	Meigen Parent
G9	TEUCHOPHORUS	
Ts	T. signatus	(Haliday)
	T. spinigerellus	(Wiedemann)
G16	TELMATURGUS	
T	T. tumidulus	(Raddatz)
	ANEPSIOMYIA	
	A. flaviventris	(Meigen)
G14	MICROMORPHUS	
MI	M. albipes	(Zetterstedt)
G19	CHRYSOTIMUS	
CH	C. concinnus	(Zetterstedt)
G13	LAMPROCHROMUS	
	L. elegans	(Meigen)
L	L. strobli	Parent
G7	XANTHOCHLORUS	
Xo	X. ornatus	(Haliday)
Xt	X. tenellus	(Wiedemann)

TABLEAU II

Listes faunistiques et abondances des Dolichopodides sur deux années consécutives et pour les mêmes stations de piégeage (A, B, C, E)

List of species and abundances for the two consecutive years, at the same trapping stations A, B, C and D.

1983 seulement		1983 - 1984			1984 seulement	
Dolichopus angustipennis	1	*D. excisus siculus*	46	105	*D. andalusiacus*	1
D. atratus	1	*D. latelimbatus*	477	282	*D. campestris*	103
D. maculipennis	1	*D. linearis*	41	11	*D. claviger*	1
D. ungulatus	4	*D. nubilus*	32	57	*D. cruralis*	2
		D. pennatus	211	407	*D. longicornis*	1
		D. plumipes	12	7	*D. longitarsis*	1
		D. popularis	4	5		
		D. pseudociliifemoratus	2	3		
Chrysotus gramineus	2	*C. blepharosceles*	140	194	*C. femoratus*	8
		C. cilipes	10	24	*C. melampodius*	5
		C. collini	516	1149	*C. pulchellus*	3
		C. cupreus	3	35		
		C. enderleini	3	2		
		C. microcerus	86	309		
		C. monochaetus	5	2		
		C. neglectus	15	20		
		C. suavis	96	10		
Hercostomus germanus	1	*H. chalybeus*	7	157	*H. celer*	3
		H. chrysozygos	13	63	*H. nanus*	7
		H. metallicus	19	167	*H. nigrilamellatus*	1
					H. plagiatus	1
Argyra sp.	1	*A. diaphana*	170	211	*A. argyria*	2
		A. discedens	1	14		
		A. leucocephala	39	136		
Syntormon setosus	1	*S. monilis*	1	3		
S. zelleri	1	*S. pallipes*	17	18		
		S. spicatus	3	1		
		S. rufipes	3	13		
Campsicnemus picticornis	1	*C. armoricanus*	6	5		
C. loripes	1	*C. curvipes*	16	36		
		C. lumbatus	8	4		
		C. scambus	60	22		
Medetera pallipes	1				*M. dendrobaena*	321
M. sp.	62				*M. diadema*	23
					M. tristis	1
Porphyrops micans	1	*P. fascipes*	1	2	*P. laticorne*	2
		P. communé	13	4		
		Xiphandrium macrocerum	9	4	*Xiphandrium zetterstedti*	37
		X. quadrispinosum				
		Achalcus cinereus	12	4	*Achalcus flavicolis*	1
		Xantochlorus ornatus	70	139		
		X. tenellus	5	18		
		Teucophorus spinigerellus	2	134	*T. signatus*	1
		Sympycnus annulipes	10	2	*S. aeneicoxa*	1
		Sciopus platypterus	20	15	*S. longulus*	73
					Diaphorus oculatus	2
					D. unguiculatus	1
Lamprochromus elegans	12	*L. strobli*	1	12		
Peodes	11				*Macrodolichopus diadema*	1
Melanostolus nigricilius	9	*Leucostola vestita*	3	68	*Poecilobothrus nobilitatus*	4
		Nematoproctus distendens	4	6	*Telmaturgus tumidulus*	3
		Micromorphus	1	22	*Chrysotimus concinnus*	6
		Dolichophorus kerteszi	13	7	*Anepsiomyia flaviventris*	2
					Schoenophilus versutus	1
					Tachytrechus notatus	1

RÉSULTATS

1. *LISTE FAUNISTIQUE*

110 espèces ont été recensées et déterminées par l'un d'entre nous au laboratoire de Zoologie de l'I.N.R.A. de Rennes (Tableau I). Cet inventaire a été dressé selon la nomenclature de PARENT (1938). Depuis, de nouvelles synonymies sont apparues (KLOET & HINCKS, 1976) ; elles sont indiquées entre parenthèses. Sept espèces sont nouvelles pour la France depuis PARENT (1938) : elles sont signalées par un astérisque.

2. *RÉSULTATS QUANTITATIFS GÉNÉRAUX*

Nous avons récolté 2.465 individus (66 espèces) en 1983 et 4.826 individus (83 espèces) en 1984).

Les genres le plus souvent récoltés dans les pièges (84,4 % des captures à eux seuls) sont, par ordre décroissant d'abondance, pour la seule année 1984 :

Chrysotus	: 1.523 ind. (11 espèces) :	38,8 % des captures
Dolichopus	: 679 ind. (10 espèces) :	17,3 % des captures
Medetera	: 424 ind. (2 espèces) :	10,8 % des captures
Hercostomus	: 366 ind. (6 espèces) :	9,3 % des captures
Argyra	: 337 ind. (4 espèces) :	8,6 : des captures

LEPRETRE (1981) signale également le genre *Chrysotus* comme prédominant dans le marais audomarois (Pas-de-Calais) alors que les genres *Dolichopus* et *Hercostomus* prédominent dans les milieux forestiers (TAYOUB, 1985 ; LEPRETRE, 1988).

3. *DIFFÉRENCES CONSTATÉES ENTRE 1983 ET 1984*

La comparaison des listes faunistiques de 1983 et 1984 (Tableau II) révèle un renouvellement des populations. Cependant, la plupart des espèces les plus abondantes se maintiennent d'une année sur l'autre.

Quelques espèces absentes en 1983 apparaissent de façon très massive en 1984 : *Dolichopus campestris* (103 individus), *Medetera dendrobaena* (321 individus), *Sciopus longulus* (73 individus), *Xiphandrium zetterstedti* (37 individus) et *Medetera diadema* (23 individus). Hormis *M. dendrobaena* présent essentiellement dans les cultures de blé, les autres espèces ont été capturées dans les mêmes stations de piégeage que l'année précédente. Or le dispositif plus dense de piégeage de 1984 est resté localisé aux mêmes endroits que l'année précédente. Le changement de culture (vesce et moutarde en 1983 et blé en 1984) pourrait donc être responsable de ces apparitions brutales.

4. *RÉPARTITIONS CHOROLOGIQUES ET PHÉNOLOGIQUES DES PRINCIPALES ESPÈCES*

Les seuls mois de juin, juillet et août totalisent près de 95 % des captures totales. Des études ultérieures sur les Dolichopodides et dans cette région pourraient donc être préférentiellement envisagées pendant cette période de l'année. Les 4 espèces les plus abondantes totalisent 46 % des captures. Leur cycle phénologique semble être couvert totalement par la campagne de piégeage (Fig. 2). *Argyra diaphana* est l'espèce la plus printanière et prédomine surtout en mai et juin. *Dolichopus pennatus* prolifère en juin. L'activité de *Chrysotus collini* s'étend de début juillet à fin août, celle de *M. dendrobaena* est restreinte au mois d'août.

Les répartitions de *D. pennatus* et de *M. dendrobaena* (Fig. 3) le long du transect sont inversées, avec un preferendum dans les milieux humides pour le premier et dans les milieux secs cultivés pour le second. *A. diaphana* et *C. collini* se localisent aussi préférentiellement dans les lieux humides, notamment en milieu prairial.

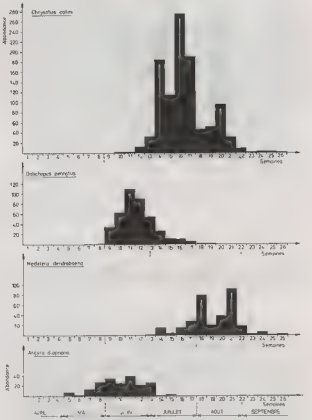


FIG. 2. — Diagrammes phénologiques des principales espèces de Dolichopodides.

Phenologic diagrams of the principal Dolichopodid species.

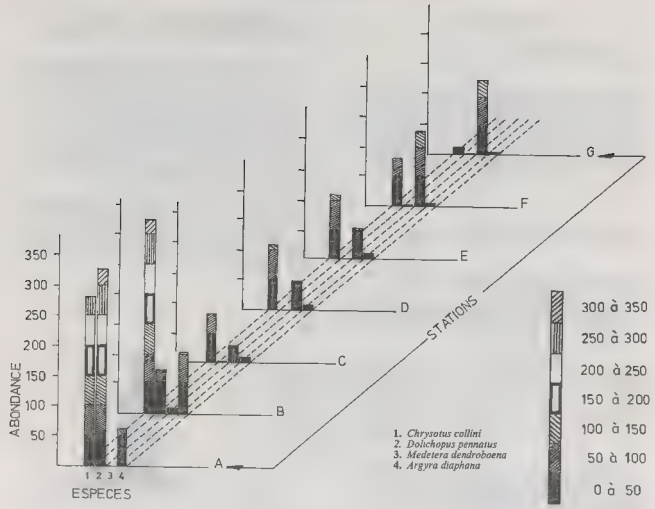


FIG. 3. — Répartition spatiale des principales espèces de Dolichopodides

Spatial distribution of the principal Dolichopodid species.

5. *DISTRIBUTION SPATIO-TEMPORELLE DE L'ESPÈCE PRINCIPALE : CHRYSOTUS COLLINI*

La répartition spatio-temporelle est aisément accessible par ce type d'échantillonnage pour peu que l'espèce soit abondante et qu'elle se déplace au cours de ses phases successives de développement : la population est alors décalée spatialement d'une phase à l'autre. C'est le cas de *C. collini* (24 % des captures de Dolichopodides), espèce de petite taille et au vol peu puissant. Les diagrammes phénologiques relatifs à cette espèce pour chaque station de piégeage sont représentés fig. 4. Le moment d'apparition de l'espèce dans chaque station est signalé par une flèche. On constate alors qu'elle apparaît en premier lieu dans la prairie humide (B). Cette prairie constitue-t-elle son milieu de vie larvaire ? Seule l'étude des larves de ce milieu confirmerait cette hypothèse. L'espèce n'apparaît dans la cariçaie (A) que la semaine suivante. Ce n'est que la semaine d'après que l'espèce commence à coloniser le milieu sec : d'abord le coteau calcaire (C), puis l'écotone (D, E, F) et enfin le champ de blé (G). Le comportement de chasse de cette espèce prédatrice explique l'exploration des milieux avoisinants. Il est à noter également que cette espèce réapparaît en milieu prairial dès la 25ème semaine de piégeage (19 au 26 septembre), après une absence de trois semaines consécutives. Cette période pourrait correspondre à la ponte des femelles pour autant que la prairie soit bien le milieu de vie des larves. Un examen des femelles permettra de répondre en partie à cette seconde hypothèse.

Cette approche devrait être affinée par une périodicité des relevés plus courte que la semaine pour les espèces de grande taille, très mobiles et qui se répartissent très rapidement autour de leur milieu de vie larvaire, comme semble le faire par exemple *A. diaphana*. Il conviendrait, dans ce cas, d'effectuer des relevés journaliers, éventuellement des marquages et de suivre la maturation des individus.

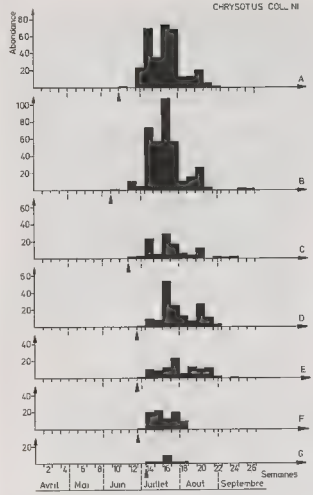


FIG. 4. — Distribution spatio-temporelle de *Chrysotus collini.*
Spatio-temporal distribution of ***Chrysotus collini.***

6. *ANALYSE DE LA DIVERSITÉ*

L'indice utilisé ici est l'indice de Shannon (SHANNON & WEAVER, 1949) :

$$H' = -\sum_{i=1}^{i=S} p_i \log_2 p_i$$

où S est le nombre d'espèces contenues dans un échantillon et p_i la fréquence relative de l'espèce i dans cet échantillon. L'intérêt théorique de la mesure de la diversité tient à ce qu'elle caractérise une station et une date.

La diversité en une station pour l'ensemble de l'année de piégeage, ou sur une semaine sur l'ensemble des stations, peut être calculé de deux façons (FRONTIER, 1985) :

(1) *diversité moyenne*, c'est-à-dire moyenne arithmétique des valeurs prises par l'indice sur l'ensemble que l'on veut caractériser : station ou semaine ;

(2) *diversité cumulée*, c'est-à-dire diversité de la collection constituée par l'ensemble cumulé des échantillons de la station ou de la semaine. Cette diversité est supérieure à la *diversité moyenne*, et il dépend essentiellement du nombre d'échantillons de même taille sur lesquels on a réalisé le cumul.

Il se trouve que les diversités observées lors d'un relevé (une station en une semaine) sont en général faibles, ainsi que leur valeur *moyenne*, car chaque échantillon se caractérise par la dominance d'un petit nombre d'espèces. C'est donc la diversité *cumulée* que nous avons choisi pour caractériser globalement chacune de nos stations et semaines échantillonnées. Les valeurs peuvent être comparées d'une station à l'autre d'une part, d'une semaine à l'autre d'autre part, puisque dans chaque cas le nombre d'échantillons cumulés est toujours le même. En revanche, les valeurs ne sont pas rigoureusement comparables d'une année à l'autre car le nombre d'échantillons cumulés n'est pas le même (1983 : 4 stations, 32 semaines ; 1984 : 7 stations, 26 semaines). Une petite augmentation de diversité entre une année et l'autre peut alors être simplement liée à l'augmentation du nombre d'échantillons, qui entraîne l'apparition de nouvelles espèces dans la collection.

TABLEAU III

Évolution de l'indice de diversité de Shannon le long du transect

Evolution of the Shannon diversity index along the transect

Années / Stations	A	B	C	D	E	F	G
1983	3,22	4,01	3,89	/	2,98	/	/
1984	3,84	3,91	3,44	3,10	2,91	2,94	2,41

TABLEAU IV

Évolution de l'indice de diversité de Shannon par semaine de piègeage (1984)

Weekly variations of the Shannon diversity index in 1984

	Avril				Mai				Juin						Juillet			Aout				Septembre				
Taxons / Semaines	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
DOLICHOPODIDAE	1,00	0,72			1,49	1,50	1,61	1,64	2,03	2,40	2,45	3,48	4,27	3,54	3,27	2,81	3,31	3,73	3,62	3,26	2,62	2,39	3,21	2,69	2,36	2,11

Les valeurs des indices de diversité globaux par station pour les deux années et par semaine pour 1984 ont été portées dans les tableaux III et IV. Pour améliorer la comparaison entre les deux années, les *indices globaux* des stations de 1983 ont été recalculés sur la base des semaines communes avec 1984.

L'indice décroît nettement du milieu le plus humide vers le milieu le plus sec, ce qui traduit bien l'affinité globale très marquée des Dolichopodides pour les zones humides

La variabilité de la diversité au cours de l'année est assez faible pour ce groupe prédateur qui montre un maximum de diversité assez uniformément étalé de juin à août. Il apparaît une bonne corrélation entre cette variabilité et les fluctuations climatiques, à rattacher au fonctionnement du piège jaune, moins efficace par mauvais temps car les températures fraîches freinent la mobilité des insectes.

7. *ANALYSES FACTORIELLES*

7.1. Principe des analyses

Le tableau complet des résultats croise 56 espèces et 7 × 26 échantillons pour 1984. Il comporte un très grand nombre de valeurs nulles et nous avons préféré analyser les tableaux des effectifs cumulés par station et par semaine, soit deux tableaux de contingence construits conformément au modèle du tableau V. Le premier croise les espèces et les stations pour l'ensemble de la période de piégeage, l'autre les espèces et les semaines pour l'ensemble du transect. A l'intersection d'une ligne et d'une colonne se trouve le nombre non transformé d'individus de l'espèce récoltée soit en une station, soit en une semaine. Les espèces sont codées conformément au tableau I. Les stations sont notées de ST A à ST G et les semaines de SE 1 à SE 26.

Des Analyses Factorielles des Correspondances (BENZECRI *et al.*, 1973) ont, dans un premier temps, été appliquées séparément à ces deux tableaux. Il s'est avéré que certaines espèces se répartissent surtout selon les semaines de piégeage, d'autres plutôt selon les stations, de sorte que chacune des analyses comportait un flou dû au facteur non pris en considération. Nous avons alors appliqué au double tableau (croisant les espèces en lignes avec les stations puis les semaines en colonnes) une Analyse des Correspondances Multiples (BENZECRI, 1973 ; VOLLE, 1985 ; ESCOFFIER & PAGES, 1988) (*). Dans cette analyse, chaque effectif d'espèce est compté deux fois, donnant lieu à un profil de

TABLEAU V

Tableau de contingence traité par l'analyse factorielle des correspondances (AFC)

Contingency table monitored by Factorial Analysis of Correspondance (FAC)

espèces / objets		S_1	S_2	S_3	S_4	.		Somme des lignes
STATIONS	A	NA_1	NA_2	NA_3				NA
	B	NB_1	NB_2	.				NB
	C	NC_1	.					
	D							
	E							
	F							
	G							
SEMAINE		N_{11}	N_{12}	N_{13}	.			N1.
	2	N_{21}	N_{22}					N2
	3	N_{31}						
	4							
	. 18 26							
	Somme des Colonnes	2N.1	2N.2					2N

N.j = effectif total de l'espèce j
Nx. = effectif de la station X toutes semaines comprises
Ni. = effectif de la semaine i toutes stations comprises
N = effectif total des insectes capturés

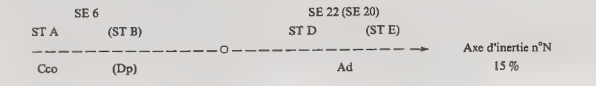
(*) Cette méthode, moins classique que l'AFC simple, est souvent réalisée en «éclatant» les différentes variables en plusieurs modalités, retenues au terme d'un codage arbitraire (par exemple : température élevée, moyenne ou forte ; humidité faible ou forte, espèce présente ou absente, ou encore d'abondance faible, moyenne ou forte ; etc). Nous avons ici, au contraire, regroupé les effectifs d'échantillons selon un classement par semaine et un classement par stations. Les effets Guttman (GOWER, 1987) constatés ne traduiront plus des liaisons non linéaires entre facteurs, mais les différentes branches pourront représenter l'effet de facteurs distincts, indépendants lorsque les branches divergent, ou corrélés lorsqu'elles fusionnent.

Les analyses ont été réalisées avec l'aide de Mr Guy DECOU, Ingénieur INRA, au Laboratoire de Biométrie de l'I.N.R.A. de Versailles sur ordinateur BULL-DP58 sous système Multics. Le logiciel utilisé est MODULAD (Bibliothèque Fortran pour l'analyse des données)

lignes constitué par le profil des stations et le profil des semaines mis bout-à-bout. Dans les plans factoriels, il y aura toujours un seul point par espèce, mais un point par station et un point par semaine. La «Correspondance» apparaîtra ainsi entre les espèces et les semaines ou entre les espèces et les stations, selon la particularité de l'espèce. En effet, les figures de variations des stations et des semaines sont clairement distinctes entres ces plans factoriels, face aux espèces responsables.

L'interaction station × semaine n'est évidemment pas prise en compte ici puisque les cumuls sont faits sur un des facteurs indépendamment de l'autre.

Une première phase de l'exploitation des analyses consiste à dégager la correspondance entre l'ordination (classement simultané selon plusieurs axes principaux) des espèces d'une part, des stations et semaines d'autre part. Cette analyse est faite grâce aux «aides à l'interprétation» qui font partie du logiciel, soit pour chaque axe principal et chaque point de ligne ou colonne : la «contribution» à l'inertie de l'axe (CTR), la «corrélation» entre la ligne ou la colonne et l'axe (COR), et la «coordonnée» du point sur l'axe, positive ou négative —le sens donné à l'axe étant arbitraire. Nous résumerons, pour chaque axe retenu, ces informations en retenant les espèces, semaines et stations à fortes CTR et COR, et la représenterons selon le modèle suivant :



O : barycentre
15 % : pourcentage d'inertie extraite par l'axe considéré
STA : station «structurante», caractérisée par une CTR et une COR forte
(ST B) : station «accompagnante», caractérisée par une CTR faible mais une COR forte
SE 22 : semaine «structurante»
(SE 20) : semaine «accompagnante»
Cco : espèce «structurante»
(Dp) : espèce «accompagnante»

Dans cet exemple l'axe N, qui représente ici 15 % de l'information du tableau oppose deux groupes d'éléments, localisés à chacune de ses extrémités : les espèces Cco et Dp sont associées aux stations ST A et ST B et à la semaine SE 6. Cette association s'oppose à celle de Ad reliée aux stations ST D et ST E et aux semaines SE 22 et SE 20, représentées à l'autre extrémité de l'axe.

La seconde phase de l'exploitation, largement hypothétique, vise à découvrir la signification écologique des axes et des groupes ; elle ne nous sera pas fournie par l'analyse mathématique mais suggérée par le recoupement entre les caractéristiques des semaines, des stations et des espèces. Nous nous limiterons la plupart du temps aux représentations graphiques dans l'espace des trois premiers facteurs, pris deux à deux, dans la mesure où ils extraient ensemble un fort pourcentage de l'inertie totale du nuage. Les autres axes, en général, ne sont pas interprétables en terme de facteurs aisément reconnaissables et seront négligés ici.

7.2. Applications aux collections récoltées

Du fait de l'interruption de l'échantillonnage des stations F et G, en milieu céréalier, au début du mois d'août en raison de la moisson, le tableau est incomplet. On peut néanmoins en extraire deux tableaux complets : un tableau phénologique complet comprenant les 26 semaines d'échantillonnage des stations A à E, et un tableau chorologique complet comprenant les 7 stations échantillonnées pendant 18 semaines. Seules les espèces représentées par plus d'un individu (soit 56 espèces), et les semaines significativement abondantes (dès la 7e semaine) ont été incluses dans les analyses.

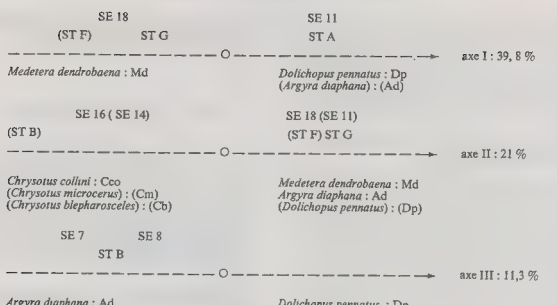
L'analyse a été faite successivement sur un tableau chorologiquement complet et sur un tableau phénologiquement complet.

7.2.1. Analyses sur tableaux chorologiquement complets

Les 7 stations ont été échantillonnées pendant 18 semaines dont nous avons exclues les 6 premières (voir plus haut). L'analyse porte donc sur un tableau croisant 56 espèces × 7 stations et 12 semaines.

Les deux premiers axes principaux totalisent 60,9 % de l'inertie totale (respectivement 39,8 et 21,1 %) ; le troisième en représente 11,3 %.

Les aides à l'interprétation pour les trois premiers axes (72,2 % de l'inertie totale) nous conduisent au schéma suivant :



Ces correspondances sont parfaitement concordantes avec les résultats de l'année précédente (BRUNEL C., 1986) qui révèlaient les associations suivantes :

Dolichopus pennatus :	Dp / SE 11 : ST A; ST B
Argyra diaphana :	Ad / SE 8, SE 9 / ST A ; ST B
Chrysotus blepharosceles :	Cb / SE 13 / ST IIA (cette station est une prairie très semblable sur le plan de l'humidité avec la station B)
Chrysotus collini :	Cco / SE 13
Chrysotus microcetus :	Cm / SE 13 / ST A ; ST B

Ces trois espèces de *Chrysotus* (Cb, Cco, Cm) apparaissent aux mêmes caractéristiques moyennes spatio-temporelles. Elles sont un peu plus précoces en 1983 (début juillet) qu'en 1984 (fin juillet) du fait d'une moyenne thermique estivale plus élevée en 1983 que l'année suivante.

Syntormon pallipes :	Sp/SE 8 ; SE 9 / ST IB (cette station marécageuse, légèrement en retrait d'un plan d'eau,s'est révélée similaire à la station B d'après la méthode du groupement à liens simples de SNEATH (1957) appliqué à une matrice d'association entre stations établie selon l'indice de similarité d'OCHIAI (1957) (BRUNEL C., 1986).

Medetera dendrobaena n'était pas recensée cette année-là (1983) , ce qui s'explique par son affinité avec les stations sèches céréalières (F et G) nouvellement étudiées en 1984.

La représentation simultanée des objets (stations et semaines) et des variables (espèces) sur le plan I - II montre un nuage de points bien structuré (Fig. 5). Le long de l'axe I, les semaines s'ordonnent en ordre chronologique et les stations selon le gradient d'humidité défini par le plan d'échantillonnage. Leurs trajectoires dans le plan I - II, d'allure parabolique, traduisent un effet Guttman unique qui tend à individualiser toutefois le gradient spatial et l'évolution saisonnière qui ne sont que partiellement liés. Les premières semaines d'une part, (températures fraîches), les stations les plus sèches d'autre part, (plateau crayeux cultivé), sont le plus fortement discriminées par l'effet Guttman, dont elles déterminent respectivement les deux extrémités. Au contraire, semaines chaudes et stations humides sont mal discriminées dans ce plan.

Les espèces que ce plan factoriel singularise se distribuent aux deux extrémités de l'effet Guttman, les unes essentiellement en fonction des stations, les autres des semaines

L'axe I est créé par l'opposition entre les deux modalités extrême spatiales et temporelles : les groupes d'espèces liés à ces modalités constituent alors de bons bioindicateurs soit de saisons sur l'ensemble du transect, soit de stations pour l'ensemble de la période de piégeage.

On peut constater que quatre espèces sont responsables de 67 % de l'inertie du plan : Md et Dp contribuent pour 69, 5 % à l'inertie de l'axe I et Md, Cco et Ad pour 62,8 % de celle de l'axe II. Nous les avons mises en variables supplémentaires pour réaliser une deuxième analyse sur les mêmes objets. On obtient (Fig. 6) le même effet Guttman, qui discrimine encore plus nettement une branche spatiale et une branche temporelle. En particulier, la première semaine d'août (fortement associée à Md), ne s'isole plus autant que dans l'analyse précédente des autres points-semaines. L'effet Guttman mis en évidence dans la première analyse correspond donc bien à l'ensemble du cortège faunistique — tout au moins, tel qu'il est perçu à travers le piégeage — et n'est pas seulement dû aux caractéristiques des quatre espèces principales. Le troisième axe rend compte de 10,8 % de l'inertie totale mais ne comprend pas d'effet Guttman : une représentation en perspective dans l'espace des trois premiers axes (Fig. 7) reproduit la figure précédente avec une variabilité relativement faible le long de l'axe III et aucune distorsion. Les branches «spatiale» et «temporelle» pour les points-objets sont nettement mises en évidence.

L'ordination des espèces, comme dans toute AFC, se calque sur celle des objets. Vu les significations respectives des deux branches de l'effet Guttman, certaines espèces sont associées aux *semaines* discriminées (branche gauche sur les

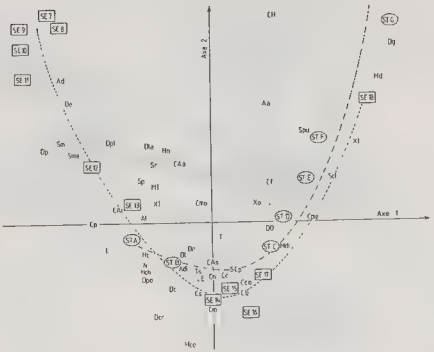


FIG. 5. — Représentation graphique dans le plan I/II de l' AFC 52 espèces / 7 stations / 12 semaines. *Graphical representation on the I-II plan of the Factorial Analysis of Correspondance (FAC), 56 species, 7 stations, 12 weeks.*

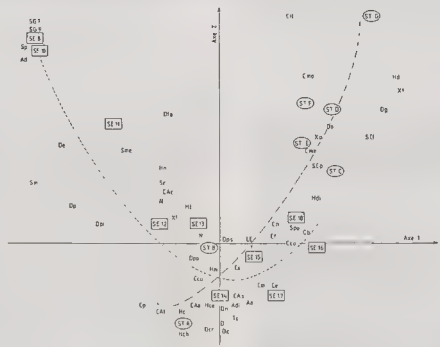


FIG. 6. — Représentation graphique dans le plan I/II de l' AFC 52 espèces / 7 stations / 12 semaines (mise en supplémentaire des espèces Ad, Dp, Cco, Md).

Graphical representation on the I-II plan of FAC 52 species, 7 stations, 12 weeks. (Suplementary variables , species Ad, Dp, Cco Md*)*

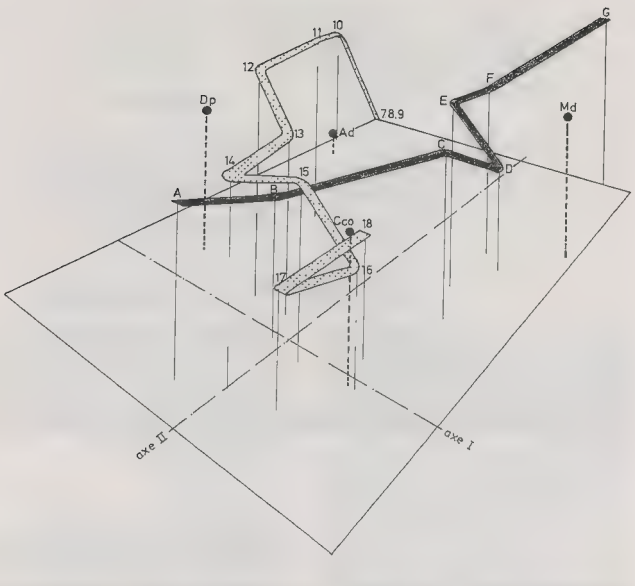


FIG 7 - Représentation dans l'espace des trois premiers axes de l'AFC 52 espèces / 7 stations / 12 semaines avec positionnement des 4 espèces mises en variables supplémentaires.

Graphical representation in the I-II-III tridimensional space of FAC 52 species, 7 stations, 12 weeks. The same four supplementary variables in Fig. 6 are plotted.

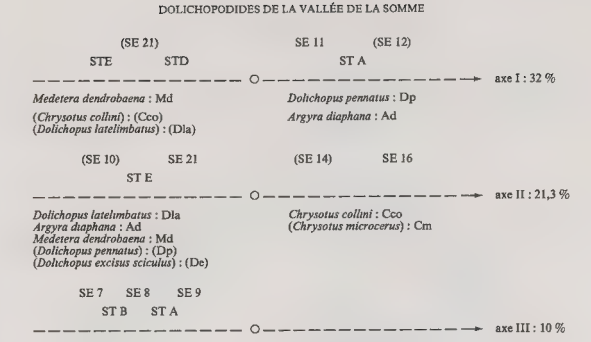
Fig. 5 à 7), d'autres aux *stations* discriminées (branches droites). Un pool d'espèces reste associé aux semaines chaudes et/ou aux stations humides, sans qu'il soit possible de distinguer l'effet de ces deux facteurs. Il serait intéressant d'approfondir ultérieurement le cycle biologique de ces diverses espèces, afin d'apporter la preuve de ces associations écologiques que nous ne pouvons, à ce stade, qu'établir statistiquement.

7.2.2. Analyses sur tableaux phénologiquement complets

Les 26 semaines n'ayant été échantillonnées que sur les 5 stations A à E et les 6 premières semaines étant comme précédemment éliminées en raison des faibles effectifs, nous avons réalisé une autre analyse sur 56 espèces, 5 stations et 20 semaines.

Les trois premiers axes totalisent 63,8 % de l'inertie totale (respectivement 32 % ; 21,3 % et 10,5 %).

Les aides à l'interprétation fournissent le schéma suivant :



Le facteur lié à l'axe III isole la station A. Il semble, en effet, que la présence d'eau libre soit un facteur prédominant pour bon nombre d'espèces de Dolichopodides. Les dendrogrammes réalisés sur les stations de piégeage de 1983 avaient permis de distinguer les stations selon leurs distances par rapport au plan d'eau. Les stations les plus proches de l'eau étaient très similaires (BRUNEL C., 1986).

La projection dans le plan (I, II) montre un effet Guttman, ici encore, très accentué (Fig. 8), mais dû essentiellement à l'ordination des semaines. Les stations A à E se classent suivant un gradient plus linéaire de la station la plus humide (A) à la station la plus sèche (E), distinct du classement des semaines. Les semaines s'ordonnent en trois groupes bien distincts : SE 7 à SE 11 (mi-mai à mi-juin) (α) ; SE 14 à SE 17 (juillet) (γ) ; SE 21 à SE 26 (22 août à fin septembre) (ϵ), reliés par deux groupes intermédiaires, SE 12 à SE 13 (β) et SE 18 à SE 20 (δ). On pourrait appeler ces groupes des «périodes biocoenotiques» puisque, rappelons-le, un point-objet correspond à un profil faunistique échantillonné ; des semaines se projetant dans une même région du plan factoriel ont donc des profils faunistiques voisins. Les points-espèces se projettent sur le même plan, conformément à leur importance respective dans les diverses semaines. Pour caractériser plus précisément la composition faunistique des biocoenoses se succédant au long de la saison, nous avons caractérisé chaque groupe de semaines par le *Diagramme Rangs-Fréquences* établi sur le cumul des échantillons du groupe. La méthode consiste à classer les espèces de l'échantillon (ou du cumul d'échantillons) par ordre d'abondances décroissantes, et de représenter l'ensemble sur un graphique en portant pour chaque espèce, en abscisses son rang dans le classement, et en ordonnées sa fréquence dans la collection, selon une métrique bilogarithmique (FRONTIER, 1976, 1977 et 1985 ; DEVAUX, 1976 et 1980).

L'allure des courbes obtenues caractérise les stades de l'évolution d'un écosystème au cours d'une succession écologique, parallèlement aux variations de l'indice de diversité (diversité d'autant plus faible que le graphique est rectiligne et vertical, d'autant plus fort que le graphique est convexe)

Les courbes obtenues lors des cinq périodes biocénotiques sont représentées Fig. 9. Les allures des courbes se modifient avec la saison, étant plus rectilignes et plus verticales en début (α) et en fin (ϵ) de saison qu'en juillet (γ) ; la deuxième quinzaine de juin (β) montre le profil le plus convexe (diversité spécifique maximale), et en outre un palier entre les espèces de rangs 3 à 7, montrant que nous avons sans doute à cette époque superposition de deux biocoenoses successives.

Sont présentes simultanément les espèces *A. diaphana* (Ad), *Hercostomus metallicus* (Hm), *Argyra leucocephala* (Al) et *C. collini* (Cco). Les *Argyra* sont plutôt abondantes la période précédente (mi-mai à fin juin) et les deux autres espèces (Hm et Cco) plutôt la période suivante (juillet).

Pour les trois premières semaines d'août (δ), la courbe est convexe sans palier, mais elle correspond également à une superposition de deux communautés faunistiques successives : *Chrysotus microcerus* (Cm) et *Teucophorus spinigerellus* (Ts) caractérisent la période précédente (juillet) ; *M. dendrobaena* (Md) et *Dolichopus latelimbatus* (Dl) correspondent aux espèces les plus abondantes (1er et 2e rang d'abondance) de la période suivante (fin août-septembre).

Ces superpositions de peuplements au cours de ces deux périodes biocoenotiques intermédiaires nous sont confirmées par la valeur de l'indice de diversité de Shannon calculée pour chaque période, soit 2,60; 4,17; 3,54; 3,90 et 3,05 pour les périodes α, β, γ, δ et ϵ respectivement : la diversité faunistique est maximale pendant les périodes intermédiaires (β et δ) de successions de biocoenoses

Les périodes principales (α, γ et ϵ) semblent caractérisées par plusieurs espèces d'un genre principal : les *Dolichopus* (Dp, Dla, De) prédominent avec *A. diaphana* (mi-mai à fin juin), puis les *Chrysotus* (Cco, Cm, Cb) prennent le relai (juillet) et enfin de nouveau les *Dolichopus* (Dla, De, Dn) (fin août-septembre) avec sensiblement les mêmes espèces que précédemment mais dans des rapports quantitatifs différents.

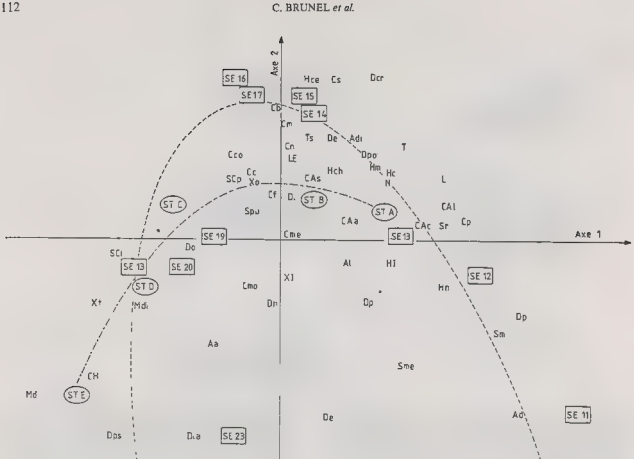


FIG. 8. — Représentation graphique dans le plan I/II de l' AFC 56 espèces/5 stations/20 semaines.

Graphical representation on the I-II plan of FAC. 56 species, 5 stations, 20 weeks.

L'ordination des semaines selon un effet Guttman parabolique dans le plan I-II semble donc bien correspondre à un remplacement des biocoenoses au cours de la saison, l'axe I opposant principalement les biocoenoses de début et de fin de saison, et l'axe II les biocoenoses des extrémités de la saison à celle du milieu de l'été. Les deux périodes de basculement faunistique se marquent par des groupes de points intermédiaires (β et δ). Le gradient stations sèches - stations humides ne semble pas affecter ce changement faunistique temporel.

7.2.3. Ordination des genres à partir de l'analyse sur 56 espèces (dont 4 supplémentaires), 7 stations et 12 semaines

La prédominance de plusieurs espèces d'un même genre durant une même période nous a conduits à positionner, sur la seconde AFC réalisée sur les abondances d'espèces, les genres aux barycentres des espèces qui les représentent. Les résultats (projection sur le plan I - II) apparaissent à la Fig. 10, sur laquelle nous avons reproduit les deux branches «spatiale» et «temporelle» de l'effet Guttman. On constate que les points représentatifs des genres se disposent selon ces deux branches : un ensemble de genres se répartit dans la zone non différenciée correspondant aux semaines chaudes et aux stations humides A et B ; en revanche certains genres — *Dolichopus*, (G1), *Syntormon* (G4), *Argyra* (G6) — sont nettement inféodés aux semaines fraîches et certains autres —*Chrysotmus* (G19), *Medetera* (G8), *Dolichophorus* (G18), *Xantochlorus* (G7), *Sciopus* (G11) — nettement aux stations sèches.

Dans un deuxième temps nous avons, sur le même graphique, groupé les points-espèces de chacun des genres dans un polygone déterminé par les points-espèces les plus éloignés de leur barycentre générique. La représentation des 5 genres principaux (Fig. 11), qui regroupent 85 % des individus récoltés, montre que chaque genre répartit ses espèces soit le long de la «branche temporelle» du Guttman (*Dolichopus, Argyra* et *Hercostomus*), soit le long de sa «branche spatiale» (*Chrysotus, Medetera*). En d'autres termes, les espèces de certains genres se partageraient le biotope en s'échelonnant plutôt dans le temps que le long d'un gradient humidité/sécheresse, d'autres plutôt en s'échelonnant le long de ce gra-

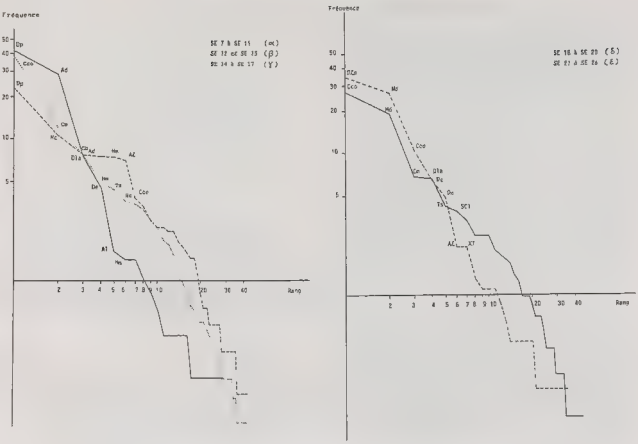


FIG. 9. — Diagrammes rangs-fréquences par saison biocoenotique mise en évidence précédemment par AFC (cf. fig. 8).

Rank Frequency Diagrams for each biocoenotic season suggested above by FAC (see fig. 8).

dient spatial. La Fig. 12 aboutit à la même observation concernant les genres les moins abondants.

Cette constatation pourrait avoir un intérêt du point de vue des radiations adaptatives qui ont abouti, dans un espace-temps réduit, à la différenciation des espèces d'un même genre : cette radiation correspondrait dans certains cas à un partage de l'espace, dans d'autres cas à un partage de la saison, entre les différentes espèces.

Quoi qu'il en soit, les genres principalement représentés dans nos échantillons nous fournissent des séries d'espèces bioindicatrices soit de biotopes, soit de conditions saisonnières précises.

7.2.4. Comparaison des années 1983 et 1984

Les analyses factorielles n'ont pu être poussées très avant en 1983 car l'échantillonnage n'a porté que sur 4 stations (A, B, C, E). Une analyse portant sur ces stations et sur 12 semaines a été publiée précédemment (BRUNEL C., 1983, 1986). Nous ne la reproduisons pas ici.

Nous avons néanmoins comparé les deux années sur la base du profil faunistique total obtenu, pour l'ensemble des semaines communes et des stations communes à 1983 et 1984. Ces profils peuvent être comparés par les Diagrammes Rangs-Fréquences représentés Fig. 13. Les deux courbes sont pratiquement superposables, à des fluctuations aléatoires près. Les différences les plus notables d'une année à l'autre concernent essentiellement l'ordre de classement des espèces par abondance sur l'ensemble de l'année. Sur les deux années consécutives, l'espèce prédominante reste *C. collini*. Se maintient également de façon abondante *D. pennatus*. L'année 1984 se singularise notamment par l'apparition massive de *M. dendrobaena* qui se tient au 3e rang alors qu'elle est au 9e rang en 1983 avec une abondance 5 fois plus faible. De même, *C. microcerus* passe du 7e rang au 4e rang en 1984 (abondance 2,5 fois supérieure). En revanche, les populations de *D. latelimbatus* et *Chrysotus suavis* chutent nettement en 1984. Ces irrégularités mises à part, les deux années semblent différer seulement par des permutations dans les abondances respectives d'espèces. L'indice de diversité de Shannon, calculé pour chaque année, révèle une diversité globale un peu plus forte en 1984 :

H' (1983) = 3,87

H' (1984) = 4,29

FIG. 10. — Représentation graphique dans le plan I/II de l' AFC 19 genres / 7 stations / 12 semaines (Pour le nom des genres, se reporter au tableau I)

Graphical representation on the I-II plan of FAC. 19 genera, 7 stations, 12 weeks. (Names of genera : see Table I).

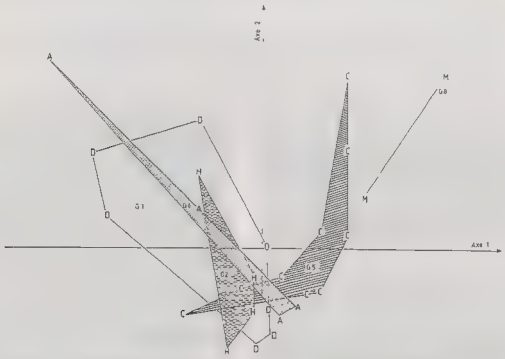


FIG. 11. — Configuration du nuage des espèces de chaque genre autour de son barycentre (genres les plus abondants) d'après l' AFC de la fig. 10. 1. = *Argyra* ; D = *Dolichopus* ; H. = *Hercostomus* ; C = *Chrysotus* ; M. = *Medetera*.

Configuration of the species' cloud of the most abundant genera around their barycentre, following FAC of Fig 10 A is ***Argyra*** *. D is* ***Dolichopus*** *; H is* ***Hercostomus*** *; C is* ***Chrysotus*** *; M is* ***Medetera***

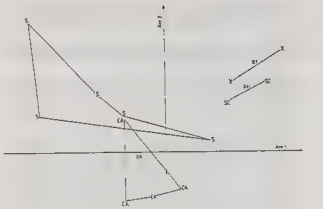


FIG. 12. — Configuration du nuage des espèces de chaque genre autour de son barycentre (espèces les moins abondantes) d'après l'AFC de la fig. 10. SC. = *Sciopus* ; X = *Xantochlorus* ; S = *Syntormon* ; CA = *Campsicnemus*.

Configuration of the species'cloud of the less abundant genera around their barycentre, following FAC of Fig. 10. SC. is ***Sciopus*** *; X is* ***Xantochlorus*** *; S. is* ***Syntomon*** *; C.A. is* ***Campsicnemus.***

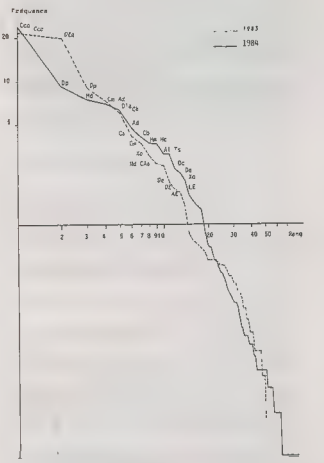


FIG. 13. — Diagrammes rangs-fréquences sur l'ensemble des stations communes à 1983 et 1984.

Rank Frequency Diagrams for the set on stations common to 1983 and 1984

DISCUSSION-CONCLUSION

L'intérêt faunistique des friches a été souligné depuis longtemps, ainsi que l'importance de la diversité spécifique trouvée dans ces friches qui jouent le rôle de refuges pour les auxiliaires de l'agriculture (BALACHOWSKI, 1950 ; GRISON & BILIOTTI, 1953). Le présent travail analyse la diversité entomologique au niveau d'un transect serré à travers une interface culture/friche.

Les espèces rencontrées se répartissent sur l'ensemble du continuum spatio-temporel échantillonné. Cependant les variations d'abondance relative des espèces confèrent à ce continuum une structure, qui ne peut être dégagée que par des méthodes mathématiques appropriées (GOWER, 1987 ; LEPRETRE, 1988).

Ces méthodes permettent une approche synécologique. En effet, par sa nature même, l'Analyse Factorielle place au second plan les particularités spécifiques, pour ne retenir dans ses «premiers axes» que les comportements communs à certains groupes d'espèces. Elle aboutit à mettre en évidence des associations d'espèces, qui s'avèrent être des indicateurs écologiques plus performants que les espèces individuelles —en dépit du point de vue autoécologique, qui tend à ne reconnaître que des «espèces indicatrices».

L'homogénéité d'une saison ou d'une station est alors caractérisée non seulement par la connaissance des facteurs mésologiques, mais également par la série des espèces qui vivent les mêmes évenements. Ainsi, il est possible de différencier d'un point de vue synécologique les semaines chaudes des semaines froides, ou les zones humides des zones sèches. On définit par ce biais des périodes biocénotiques et, à l'intérieur de celles-ci, des successions biologiques particulières dont il est possible de mesurer le degré de recouvrement. Ainsi les semaines froides 7 à 11 sont associées à *A. draphana* et à *D. excisus*, les semaines 14 à 17 (juillet) associées à *C. collini* et à *S. platypterus*, enfin les semaines 21 à 26 (août et septembre) à *M. dendrobaena* et à *D. latelimbatus*.

Un autre intérêt de l'Analyse Factorielle des Correspondances, considérable en écologie, est qu'elle ne dissocie pas l'examen des structures faunistiques du cadre spatio-temporel dans lequel elles sont mises en évidence. Il s'agit en effet de la «correspondance» entre l'ensemble d'espèces et l'ensemble d'échantillons spatio-temporels. Compte-tenu de la finesse de l'échantillonnage, le caractère indicateur d'une espèce ou d'un groupe d'espèces peut être ainsi clairement rapporté à un domaine précis d'espace-temps.

Ainsi *M. dendrobaena*, typique des zones céréalières et secondairement des zones prairiales, se trouve en abondance sur l'oppidum cultivé en blé et en faible nombre, seulement au maximum de sa période d'activité, dans la zone prairiale de bas de coteau. L'association entre espèce et domaine d'espace-temps est établi par les relations de proximité résultant de l'analyse. Celle-ci, en résumé, permet une classification des échantillons spatio-temporels rigoureusement conforme aux groupements d'espèces.

La famille des *Dolichopodidae*, dont les adultes sont tous prédateurs d'autres insectes plus petits, se prête, par l'abondance des espèces dans tous les biotopes, à l'examen des caractères que l'on exige d'un bioindicateur. Dans le présent travail, non seulement un gradient d'humidité dans la zone étudiée et une caractérisation des périodes biocoenotiques sont définis, mais les profils des associations d'espèces se trouvent projetés dans les régions correspondantes du plan factoriel. De plus, la confrontation des méthodes factorielles avec les Diagrammes Rangs-Fréquences (DRF) donne la possibilité de préciser les zones de recouvrement des associations dans l'espace-temps.

L'analyse a enfin permis d'établir l'individualité écologique semblant caractériser un genre, dont la division en espèces semble répondre tantôt à un gradient spatial, tantôt à un gradient temporel.

Du point de vue autoécologique, un regroupement d'espèces n'est justifié que sur la base d'une identité d'exigences écologiques. Un genre représente souvent, par les espèces qui le constituent, une diversité écologique importante. L'analyse numérique semble cependant montrer qu'en l'absence d'informations permettant d'établir des regroupements écologiques d'espèces, appréhender un genre sans distinction d'espèces est moins arbitraire que ne le donne à penser la diversité écologique de ses composantes. Dans le cas des Dolichopodides, il n'est pas rare d'avoir plus de deux ou trois genres comprenant 5 à 10 espèces différentes, la plupart inféodées à une association spatio-temporelle.

La valeur des unités supraspécifiques dans les analyses faunistiques a été plusieurs fois évoquée. LECLERCQ (in ROTH & COUTURIER, 1966) trouve légitime de rechercher les fluctuations et les relations écologiques au niveau des genres et des sous-familles. WOLF *et al.* (1968) mettent en évidence les rapports entre les familles d'Hyménoptères et les facteurs «temps» et «milieu». LEPRETRE (1988) réalise une analyse mathématique des structures biocenotiques à travers une interface étang-forêt à partir des familles (au nombre de 50) de Diptères

L'individualité et la significativité écologique des unités supra-spécifiques peut être d'une grande utilité dans l'approche entomocoenotique d'un écosystème, en raison de la facilité relative et de la rapidité de la détermination à ces niveaux. Cette facilitation, alliée à la simplicité de la méthode de piégeage utilisée, fait de l'ensemble de la méthode utilisée ici un outil prometteur pour l'analyse de situations écologiques complexes, telles qu'interfaces et milieux hétérogènes.

BIBLIOGRAPHIE

BAILLOT, S. & TREHEN P., 1974. — Variations de l'attractivité des pièges colorés de Moericke en fonction de la localisation spatio-temporelle de l'émergence, des comportements sexuels et des phases de dispersion de quelques espèces de diptères. *Ann. Zool. - Ecol anim.*, 6 (4) : 575-584.

BALACHOWSKY, A.S., 1950. — La destruction des insectes auxiliaires entomophages par les traitements insecticides et ses conséquences. *C.R. Acad. Agric.*, 36 : 220-224.

BALDY, C. & RABASSE, J.M., 1983. — Caractéristiques spectrales de pièges jaunes utilisés pour la capture des aphides. *Agronomie*, 3 (2) : 161-166.

BALLATORI, E , PUCCI, C. & RICCI, C., 1980. — Relation entre l'infestation des olives et les captures d'adultes de *Dacus oleae* (Gmel.) par pièges chromatotropiques. *Redia*, 63 : 417-439

BENZECRI, J.P. *& al.*, 1973. — *L'analyse des données*. Tome I : *La taxinomie* ; Tome 2 : *L'analyse des correspondances*. Dunod, Paris, 8 : 615 p. et 7 : 619 p.

BROADBENT, L., 1948. — Aphids migration and the efficiency of the trapping method. *Ann. appli. Biol.*, 35 : 293-306.

BRUNEL, C., 1983. — *Étude éco-entomologique des zones humides de la Chaussée-Tirancourt (Somme)*. D.E.A. Université Lille I : 105 p.

BRUNEL, C., 1986. — Étude éco-entomologique des zones humides de la Chaussée-Tirancourt (Vallée de la Somme) : Similarités interstationnelles. *Acta Oecologica. Oecol. Applic.*, 7 (4): 367-388.

BRUNEL, C., 1987. — *Étude entomocoenotique le long d'un transect culture/coteau calcaire/vallée humide de la Chaussée-Tirancourt (vallée de la Somme) : répartition spatio-temporelle du peuplement*. Thèse 3ème cycle, Université Lille I : 187 p. et ann. 36 p.

BRUNEL, E., 1971. — Influence de la plante hôte (espèce et stade végétatif) sur les captures de *Psila rosae* Fab. au moyen de pièges jaunes. *Meded. fak. Landbouw. Gent.*, 36 (1) : 241-249.

BRUNEL, E. & BLOT, Y., 1975. — Rôle de la couverture végétale sur les captures de *Psila rosae* Fab. (Diptère Psilidé) au moyen de piège jaune. *Sc. Agron. Rennes* : 91-96

BRUNEL, E. & LANGOUET, L., 1970. — Influence de caractéristiques optiques du milieu sur les adultes de *Psila rosae* Fab (Diptères Psilidés) attractivité de surfaces colorées, rythme journalier d'activité. *C.R. Soc. Biol.*, 164 (7) : 7 p.

BRUNEL, E. & RABASSE J.M., 1975 — Influence de la forme et de la dimension de pièges à eau colorés en jaune sur les captures d'insectes dans une culture de carottes. Cas particulier des diptères. *Ann. Zool. - Ecol. anim.*, 7 (3) : 345-364.

CHAMBON, J.P , DENIS, J B , COCQUEMPOT, C , GENESTIER, G., PINEAU, C & PRONOST, J., 1984 — Recherches sur les biocenoses céréalières III Influence de l'emplacement des pièges jaunes sur la diversité et l'abondance des captures d'arthropodes en céréaliculture de zone ouverte. *Acta Oecologica. Oecol Applic* 5 (3) : 199-210

CHAUVIN, R. & ROTH, M., 1966. — Les récipients de couleur (pièges de Moericke) technique nouvelle d'échantillonnage entomologique. *Rev Zool. agric. Appl.*, 4-6 : 78-81.

CHEVIN, H. & BRUNEL, C., 1985. — Les hyménoptères Symphytes de la Chaussée-Tirancourt (Somme). *Cah. Nat. Bull. N.P., n.s.*, 41 (2) : 21-29.

CHEVIN, H. & CHAMBON, J.P., 1984. — Recherches sur les biocénoses céréalières : inventaires des hyménoptères symphytes *Def. Vég.* (227) : 156-162.

COSTA, C.L. & LEWIS, T., 1967. — The relationship between the size of yellow water traps and catches of aphids. *Ent. exp. appli.*, 10 : 485-487.

COUTURIER, G., 1972. — *Étude éthologique et biocoenotique du peuplement d'insectes dans un verger naturel* . Thèse Univ Paris 6, ORSTOM : 96 p

DEVAUX, J., 1976. — Intérêt de l'utilisation des diagrammes de Frontier pour délimiter les stades des successions phyto-planctoniques. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 282 : 1499-1501.

DEVAUX J., 1980. — Structure des populations planctoniques dans trois lacs du Massif central : successions écologiques et diversité. *Acta Oecologica. Oecol. Génér.*, 1 (1) : 11-26.

DUVIARD, D. & ROTH, M., 1973. — Utilisation des pièges à eau colorés en milieu tropical. Exemple d'une savane préforestière de Côte d'Ivoire. *Cah. ORSTOM. Sér. Biol.*, 18 : 91-97.

ESCOFFIER, B. & PAGES, P., 1988. — *Analyses factorielles simples et multiples*. Dunod-Bordas, 241 p

FRONTIER, S., 1976. — Utilisation des diagrammes rang-fréquence dans l'analyse des écosystèmes. *J. Rech. Océanogr.*, 1 (3) : 35-48

FRONTIER, S., 1977. — Réflexions pour une théorie des écosystèmes. *Bull. Ecol.*, 8 (4) : 445-464

FRONTIER, S., édit., 1983. — *Stratégies d'échantillonnage en Ecologie*. Masson, Paris : 494 p.

FRONTIER, S., 1985. — Diversity and structure in aquatic ecosystems. *Oceanogr. mar. Biol. ann. Rev.*, 23 : 253-312.

GASPAR, C., KRIZELJ, S., VERSTRAETEN, C. & WOLF, F., 1968. — Recherches sur l'écosystème, forêt. Série C : la chênaie à *Galeobdolon* et à *Oxalis* de Mesnil-Eglise (Ferage) - Contribution n°5. Insectes récoltés dans des bacs d'eau. *Bull. rech. agron. Gembloux*, 3 (1) : 83-100.

GOWER, J.C., 1987. — Introduction to ordination technique. *In* P. Legendre & L. Legendre edts., *Developments in Numerical Ecology*. Spnnger-Verlag, NATO ASI Series vol. 14 : 3-64.

GRISON, P. & BILIOTTI, E., 1953. — La signification agricole des «stations-refuges» pour la faune entomologique. *C.R. Séances Agr. fr.*, 39 : 106-109.

JACOB-REMACLE, A. & LECLERCQ, J., 1980. — Hyménoptères aculéates piégés dans trois jardins de Liège «intra-muros». *Bull. Soc. Roy. Sc. Liège*, (3-4) : 186-198.

KLOET, G S. & HINCKS, W.D., 1976. — *A check list of british insects*. Handbook for the identification of British Insects, 11 (5) : 139 p.

LE BERRE, J.F. & ROTH, M., 1969. — *Les méthodes de piégeage des Invertébrés. In* Lamotte M. & Bourlière F., éd. *Problèmes d'écologie : I. L'échantillonnage des peuplements animaux des milieux terrestres* MASSON, Paris : 55-96.

LEPRETRE, A., 1981. — *Contribution à l'étude de l'entomofaune de la Vallée de la Houille, en vue de dégager des paramètres de sensibilité aux facteurs de l'environnement*. D.E.A. Biologie Appliquée, U.S.T. Lille : 112 p.

LEPRETRE, A., 1988. — *Analyse multivariable des peuplements entomologiques*. Thèse de Doctorat. U.S.T. Lille Flandre-Artois 2 vol. : 255 p. et 155 p.

MARTINEZ, M. & BRUNEL, C., 1986. — Les Diptères *Stratiomyidae* de la Chaussée-Tirancourt (Somme). *L'entomologiste*, 42 (3) : 165-175.

MOERICKE, V., 1951. — *Nachrichtenbl. Deutsch. Pflanzenschutzd.* 3 : 23.

OCHIAI, A., 1957. — Zoogeographic studies on the soleid fisches found in Japon and its neighbouring regions. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 22 : 526-530.

PARENT, O., 1938. — *Faune de France*, n°35. *Diptères Dolichopodidae*. Lechevalier, Paris : 720 p.

PAUTOU, G. & GENSAC, P., 1973. — Recherches écologiques sur quelques types de prairies du marais de Lavours (Ain). *Ann. Centre Univ. Savoie*, 1 : 57-63.

RABASSE, J.M., BRUNEL, E. & ROUZE-JOUAN, J., 1982. — Influence du nombre de pièges à eau colorés en jaune et de la distance entre ces pièges sur les captures d'aphides. *Agronomie*, 2 (7) : 647-653.

ROBERT, Y., RABASSE, J.M. & ROUZE-JOUAN, J., 1974. — Sur l'utilisation des pièges jaunes pour la capture de pucerons en culture de pommes de terre. I. Influence de la hauteur de piégeage. *Ann. Zool. Ecol. anim.*, 6 (3) : 349-372.

ROTH, M., 1968. — Principes de la Synécologie Analytique et méthodes récentes d'échantillonnage en Ecologie Entomologique. *Rev. Zool. agr. appl.*, 1 (3) : 21-25.

ROTH, M & COUTURIER, G., 1966. — Les plateaux colorés en écologie entomologique. *Ann. Soc. Ent. Fr. (N.S.)*, 2 : 361-370.

SHANNON, C.E. & WEAVER, W., 1949. — *The mathematical theory of communication*. University Illinois Press, Urbana, 1963, 125 p.

SNEATH, P.H.A., 1957. — The application of computers to taxonomy. *J. gen. Microbiol.*, 17 : 201-226.

TAYOUB, M., 1985. — *Application de méthodes multivariables à l'étude des peuplements de Diptères Dolichopodidés d'un bord d'étang (Étang du Prussien, Parc Naturel Régional de Saint-Amand - Raisme, Nord)*. D.E.A. Biologie appliquée : U.S.T. Lille. 77 p.

TAYOUB, M., 1987. — *Applications de méthodes statistiques multivariables à l'étude de la diversité et de la structure des peuplements de diptères Dolichopodidae au niveau d'une interface étang-forêt*. Thèse 3ème cycle U.S.T. Lille Flandre-Artois : 202 p.

VALA, J.C & BRUNEL, C., 1987. — Diptères Sciomyzidés capturés dans le département de la Somme. *Bull. Soc. Linn. Lyon*, 56 (6) : 187-191.

VINCENT, J.J., 1975. — Étude de la faune entomologique d'un verger de pommiers du Bassin Parisien à l'aide de pièges attractifs colorés. *Ann. Soc. Ent. Fr. (N.S.)*, 11 (2) : 303-334

VOLLE, M., 1985. — *Analyse des données*. 3e édition. Eds Economica (Collection «Economie et Statistiques avancées») : 323 p.

WOLF, F., GASPAR, C. & VERSTRAETEN, C., 1968. — Recherches sur l'écosystème forêt. Série C : la chênaie à *Galeobdolon* et à *Oxalis* de Mesnil-Eglise (Ferage). Contribution n°7. Hyménoptères récoltés dans des bacs d'eau. *Bull. Rech. Agron. Gembloux* 3 (3) : 566-579.

RÉSUMÉ DE THÈSE

Pascale LEVRAT*. — **Contribution à l'étude des interactions entre protozoaires et microflore du sol : effet d'une amibe bactériophage *Acanthamoeba castellanii* sur le métabolisme de *Pseudomonas* fluorescent.** Thèse présentée devant l'Université Claude Bernard Lyon I, soutenue le 20 mars 1990. — JURY : C. ALABOUVETTE, G. FAURIE, A.M. GOUNOT, J.M. MEYER, M. PUSSARD, P. de PUYTORAC. Dactylographié, 115 p.

Afin d'étudier l'influence des amibes sur le métabolisme bactérien, nous avons choisi le modèle *Acanthamoeba castellanii*, amibe bactériophage, et *Pseudomonas* fluorescents, bactéries productrices de sidérophores sous forme de pigment jaune fluorescent facilement dosable par spectrophotométrie.

Les études effectuées en milieu liquide, milieu B de King dilué au 1/10ème, montrent une augmentation de la synthèse de sidérophores par *Pseudomonas* en présence d'amibes quand les conditions de culture sont favorables à une croissance élevée et rapide des amibes (pH neutre, température de 25°C). L'hypothèse de la production de substances stimulantes par les amibes a été retenue et pour la vérifier l'effet de filtrats acellulaires de cultures monoxéniques et axéniques d'amibes a été testé sur des cultures pures de *Pseudomonas*.

Les filtrats apportés à faible dose (2 à 5 %) ont permis une stimulation importante de la synthèse de sidérophores par *Pseudomonas* ainsi qu'une augmentation de l'ammonification et de la production de CO_2 par les cultures bactériennes. Ces modifications métaboliques des bactéries ne sont pas liées à des modifications de la croissance bactérienne. Les amibes produisent donc des substances capables de stimuler le métabolisme bactérien en particulier la production de pigment par *Pseudomonas*. Ces composés semblent conduire à la stimulation du métabolisme cellulaire dans son ensemble.

Les *Pseudomonas* fluorescents sont des bactéries antagonistes de *Fusarium oxysporum*, agent de la fusariose vasculaire chez de nombreuses plantes cultivées. Les amibes ou les filtrats de cultures d'amibes apports avec ces bactéries sont capables de réduire la croissance du champignon en sol désinfecté et la germination de ses spores en milieu liquide. Il semble donc possible que les amibes, en stimulant le métabolisme des bactéries antagonistes, puissent permettre une lutte biologique plus efficace contre la fusariose vasculaire.

MOTS-CLÉS : *Pseudomonas* fluorescent, bactérie, *Acanthamoeba castellanii*, sidérophores, prédation, stimulation bactérienne, compétition, *Fusarium oxysporum*, champignon.

* I.N.R.A., Station de recherches sur la faune du sol, 17 rue Sully, 21034 DIJON Cedex.

Saïd GHAOUT. — **Contribution à l'étude des ressources trophiques de *Schistocerca gregaria* (Forsk.) (Orthoptera, Acrididae) solitaire en Mauritanie occidentale et télédétection de ses biotopes par satellite.** Thèse de Doctorat de l'Université Paris-Sud. Centre d'Orsay. Soutenue le 26 février 1990. — JURY : MM. J. GENERMONT, Y. GILLON, A. LOUVEAUX, A. HAFRAOUI et G. STREBLER.

Il n'existait jusqu'à maintenant aucune étude approfondie sur le fonctionnement de l'aire de reproduction hivernale du Criquet pèlerin en Mauritanie qui pourtant contribue à entretenir les grégarisations qui envahissent ensuite le Maghreb. L'étude a consisté à examiner les relations entre le criquet en phase solitaire et la végétation de l'échelle individuelle à l'échelle satellitaire pendant deux années consécutives (octobre — décembre 1987 et août — décembre 1988).

La dépression de l'Aftout Faï (18°5 N et 13°5 W à 200 km au nord-est de Nouakchott) est considérée comme habitat permanent des solitaires. Elle a donné lieu en 1986 à des débuts de grégarisation et a été en 1988 un lieu de passage des essaims remontant du sahel vers le sud du Maroc.

La végétation typiquement saharienne (30 espèces déterminées) est peu diversifiée dans les stations à Criquet pèlerin (14 espèces). Les plantes dominantes et aussi les plus représentatives sont : *Schouwia purpurea, Tribulus terrester, Fagonia olivieri, Boheravia repens, Panicum turgidum*.

Schouwia purpurea souvent cité à l'occasion d'observations sur le Criquet pèlerin n'a pratiquement pas fait l'objet de recherches spécifiques (2 références).

Son développement, de la germination à la floraison, a été suivi à l'échelle de la population sur une station de 300 hectares où les stades phénologiques et la cartographie de l'état de verdure sont mis en relation avec l'évolution des profils hydriques du sol.

Sur place, sous ombrière, des élevages individuels de criquets solitaires ont permis de définir la durée de développement des jeunes avec des régimes monospécifique et de calculer : les coefficients d'utilisation digestive (CUD) et l'efficacité de conversion de la nourriture (ECD). L'azote et la cellulose ont été dosés sur des feuilles vertes et sénescentes pour en déterminer la valeur alimentaire. La graminée *Panicum turgidum* et *Fagonia olivieri* (zygophylacée) se sont avérées, en régime monospécifique, incapables d'assurer le développement du criquet.

Ce sont les premières données quantitatives qui viennent confirmer l'importance de *S. purpurea* et *T. terrester* comme plantes nourricières du Criquet pèlerin dans son aire d'habitat solitaire.

En chromatographie gazeuse, 7 glucosinolates caractéristiques des crucifères ont été identifiés et 4 autres mis en évidence ne sont pas encore connus. La sinigrine qui est le

glucosinolate le plus testé sur les acridiens en expérimentations de laboratoire est absente.

Le spectre alimentaire et les préférences sont déterminées par l'analyse des épidermes végétaux contenus dans les fèces.

La préférence des criquets pour *S. purpurea* et *T. terrester* se traduit par une recherche active et une consommation plus fréquente que leur représentativité sur le terrain lorsque ces dicotylédones sont rares dans un milieu où les graminées dominent

La reproduction hivernale (septembre à octobre) des criquets solitaires a été suivie en détail par une étude démographique sur une cohorte tout au long du développement juvénile. Les conditions pour qu'une reproduction printanière (mars-avril) puisse avoir lieu dans l'Aftout faï sont discutées

La quantification des ressources trophiques est traitée en terme de couverture et de biomasse végétale. Une approche stationnelle en a été faite, complétée par l'analyse de données satellitaires de NOAA et Landsat TM. Sur les stations la végétation en taches a imposé un échantillonnage par prises de vue à la verticale sur des surfaces de 1 à 10 mètres carrés.

Les images numérisées et traitées sur Péricolor 1000 ont permis de calculer un pourcentage précis du recouvrement au sol de la végétation.

L'évolution de la biomasse et la relation avec les surfaces couvertes sont obtenues par des relevés réguliers à tous les stades de développement de la végétation.

La réflectance du couvert végétal au sol a été mesurée à l'aide d'un radiomètre portatif. Les 4 bandes spectrales retenues sont calibrées sur celles de Landsat MSS. Un indice de végétation (NDVI) a ainsi été calculé et corrélé aux estimations de biomasses et de couverture végétale.

La connaissance exacte des caractéristiques du site d'étude a permis d'en faire une recherche sur une image Landsat TM.

Une composition colorée en fausses couleurs de façon à bien discriminer la végétation des autres composantes de l'image a mis en évidence un groupe de 9 pixels représentant sans ambiguité la végétation du site. L'indice de végétation satellitaire de l'image traitée est comparé à celui obtenu sur le terrain. Ceci a permis de conclure qu'il est possible de développer l'utilisation de Landsat TM pour compléter et préciser les informations obtenues par NOAA et Météosat sur les situations nuageuses à fortes probabilités de précipitations.

ANALYSES D'OUVRAGES

Biological conservation. — Vol. 50, n°1-4, 1989. Special issue : **Australian developments in conservation evaluation.** 303 pages. Ed. Eric DUFFEY. Elsevier Appl. Sci.

Présenté par C.R. MARGULES du CSIRO, l'objet de ce volume est une discussion sur la situation géographique des réserves naturelles si l'on veut qu'elles servent à conserver un maximum de diversité biologique.

Dans ce but, deux trames sont utilisées. La première rassemble des données avec les cartes de distribution des espèces ; la seconde utilise ces données pour situer l'emplacement des réserves à établir, un choix entre le subjectif et le systématique...

L'Australie est vaste, peu connue, et la dispersion des études publiées dans ce volume en est un reflet. Cela n'empêche pas que la méthodologie peut être appliquée ailleurs dans le monde, à des zones plus densément peuplées.

Un but pratique est assigné à l'ouvrage. En effet, l'Australie fête le bicentenaire de l'établissement des Européens. Beaucoup pensent qu'ils ont provoqué un désastre écologique ; c'est exact, mais pas pire que dans les zones très habitées du globe. Devant cette prise de conscience, l'industrie forestière veut établir des réserves en forêt et se demande où ? Le critère «diversité biologique» a été choisi, plutôt que celui d'«espèces rares».

8 communications traitent de la distribution et de l'abondance des espèces : flore, faune plus spécialement ornithologique dans des massifs forestiers tels que les 500.000 hectares d'eucalyptus du sud-est de la Nouvelle-Galles du Sud, du déclin des mammifères dans l'ouest, etc...

4 communications synthétisent une approche des choix à effectuer pour classer les sites retenus en réserves : critères pour un tri efficace, sélection des caractères assurant un maximum de diversité, analyse numérique, etc... A ce volume spécial «Australie» vont s'en ajouter d'autres traitant, par exemple, de la survie des populations de petite taille et isolées, de la dispersion des invertébrés dans les zones cultivées.

Une autre série sera constituée de manuels pour mettre les résultats des recherches écologiques à la portée des praticiens de l'aménagement. 3 sujets sont en préparation : principes à appliquer à la conservation de la vie sauvage, effets du dérangement de la faune sauvage par l'homme, zones marines protégées et aménagement.

Germaine RICOU

Konrad LORENZ-KURT MUNDL (1990). — **Sauver l'espoir.** Stock Paris, 234 pp. Prix 100 francs. ISBN : 2-234-02233-9.

Les réflexions de Konrad LORENZ vont bien au-delà de ce qu'on peut appeler l'éthologie animale. Il a été sans nul doute le premier à comprendre l'importance d'avoir une meilleure connaissance de l'Homme, la seule espèce omnipotentielle qui n'a plus de niche écologique et chez laquelle les mécanismes comportementaux et physiologiques limitant normalement une reproduction démesurée ne fonctionnent plus. En conséquence, l'Homme est devenu un prédateur féroce, auquel plus aucun écosystème ne résiste. Bien que d'aucuns disent que LORENZ n'aurait jamais dû quitter le domaine de l'Ethologie animale je pense, au contraire, qu'il a bien fait de s'attaquer à l'Homme, ayant moi-même profité de son enseignement judicieux sur la biologie du comportement humain. Mais les pensées de LORENZ dérangent un certain établissement aussi bien scientifique que politique assez nombriliste, sans idées et sans génie et pourvu d'oeillères. LORENZ pense «qu'il serait dommage que l'Homme disparaisse» et en cela il prouve qu'il est profondément humaniste. Mais il évoque la mort des forêts, non seulement en Europe par les pluies acides, mais aussi dans les régions équatoriales par la stupidité d'un profit démesuré dont je peux témoigner personnellement. Il évoque également le risque nucléaire, puis les menaces terribles qui pèsent sur les écosystèmes aquatiques, tant dulçaquicoles que marins ; triste spectacle que je vis d'une manière stupéfiante chaque année lors de mes plongées. Malgré tout, LORENZ est à la fois pessimiste et optimiste, mais ses avertissements méritent d'être entendus, étant donné qu'il n'a pas cessé de croire en cette humanité d'aujourd'hui, tout en critiquant ses agissements. C'est d'ailleurs le rôle du philosophe qu'il était.

SAUVER L'ESPOIR nous est présenté par Rémy CHAUVIN avec l'habituelle ferveur qui lui est propre. Un des rares hommes de science dans l'hexagone à avoir bien compris la complexité de la pensée lorenzienne. Peut-être parce qu'il est profondément imprégné de culture latine et grecque. Il dit ainsi : «dans ma vie déjà longue, je n'ai rencontré que peu d'hommes qui sortent de l'ordinaire, qui possèdent ce qu'on appelle, à juste titre sans doute, le «génie». Mon ami Konrad n'est plus. J'aime à penser qu'il se promène maintenant, radieux, dans les prairies éternelles, parmi l'infinité des créatures de Dieu ; il n'y croyait pas, quel dommage ...».

LORENZ est mort le 27 février 1989 et les pensées recueillies dans ce livre, la somme de 10 années d'entretiens avec Kurt MUNDL, font aujourd'hui figure de testament.

Armin HEYMER

Gaëtan du CHATENAY. — **Guide des Coléoptères d'Europe**. Un volume relié 480 pages, 55 pl. en couleurs. Delachaux et Niestlé, Neuchâtel et Paris, 1986. ISBN : 2-603-00582-0.

Parmi les atlas illustrés et les guides destinés à permettre l'identification des espèces de Coléoptères les plus communes ou les plus remarquables, celui-ci est certainement le meilleur. Il présente plusieurs particularités intéressantes. Il renferme des espèces de toute l'Europe occidentale ; le nombre d'espèces citées ou représentées est élevé : 768 espèces représentées et 854 décrites. La qualité des planches en couleurs apparaît d'une façon générale nettement supérieure (ainsi dans la planche 10 les teintes métalliques des Carabes sont très bien rendues). Le texte est également bien plus complet : généralités sur la morphologie des imagos et des larves, sur les habitats fréquentés, sur les méthodes de récolte et de préparation. Il existe des clés conduisant aux familles, aux sous-familles et chaque espèce citée est brièvement mais exactement décrite avec des renseignements sur l'habitat. Les 516 cartes de répartition représentent une bonne initiative. Elles ne sont pas assez grandes pour donner le détail de la répartition d'espèces sporadiques ou localisées mais elles sont exactes. L'auteur a choisi de représenter la totalité des espèces ouest européennes pour certains groupes spectaculaires comme les Carabes ou les Cétoines. Il faut préciser que ce guide ne traite que d'une partie des Coléoptères (ce qui n'apparaît pas dans le titre) : les Adephaga et les Polyphaga jusqu'aux Scarabaeoidea. Il est souhaitable que le deuxième volume paraisse bientôt. Une remarque pour terminer : pourquoi ne pas avoir signalé que quelques espèces représentées, ou citées dans le texte (comme *Carabus auronitens cupreonitens* ou le *Carabus auratus* du Mont Ventoux) sont protégées et que la récolte en est interdite, et que d'autres espèces rarissimes et très localisées (comme *Potosia koenigi balcanica*) devraient être épargnées par les collectionneurs qui vont bientôt réussir à les exterminer dans leurs derniers refuges ?

R. DAJOZ

Dick JONES. — **Guide des Araignées et des Opilions d'Europe**. Traduit et adapté par Jean-Claude LEDOUX et Michel EMERIT. Un volume relié 384 pages et 460 photos en couleurs. Delachaux et Niestlé, Neuchâtel et Paris, 1990. ISBN : 2-603-00704-1.

Ce guide présente une double originalité. Il montre un nombre plus élevé d'espèces d'Araignées et d'Opilions que ce qui peut se trouver dans d'autres guides ; il montre ces espèces grâce à des photos en couleurs qui sont en général de bonne qualité et plus démonstratives que des dessins semblent-il, tout au moins pour des animaux tels que les araignées. L'édition originale renferme une bonne partie de la faune de Grande-Bretagne. Les adaptateurs y ont ajouté 83 espèces de la région méditerranéenne, ce qui fait que le guide est utilisable dans une grande partie de la France à l'exception des hautes montagnes. Une introduction donne la description des caractères morphologiques, en insistant sur ceux qui sont utiles pour la détermination. Puis viennent des données sur la vie des araignées. La partie systématique comprend tout d'abord un tableau de détermination des familles ; puis ces familles sont énumérées avec leurs caractères généraux et les espèces passées en revue. Les araignées sont des constituants importants de la plupart des milieux terrestres ; elles sont souvent négligées en raison de la difficulté de leur détermination. Ce petit guide fort bien fait pourra être utilisé avec profit pour la détermination des espèces les plus communes. Il sera utile aussi bien aux enseignants qu'aux chercheurs, tout au moins pour une première détermination approchée. Espérons qu'il suscitera des vocations pour l'étude d'animaux bien mal connus.

R. DAJOZ

R. ROSEN (ed.). — **Armored scale insects. Their biology, natural enemies and control**. Collection «World crop pests», volume A. Un volume relié 21 × 31 cm, XVI + 384 pages. Elsevier éditeur, Amsterdam, 1990. Prix : 159 dollars. ISBN : 0-444-42854-2.

Ce volume s'insère dans une collection qui est consacrée aux ravageurs mondiaux des cultures, et dans laquelle les groupes zoologiques suivants sont déjà traités : les Acariens, les Aphidiens, les Cochenilles et les Mouches des fruits. Trois tomes seront consacrés aux Cochenilles de la famille des Diaspididae («armored scale» en anglais). Ces insectes sont des parasites hautement spécialisés de divers végétaux et ils renferment des ravageurs souvent importants dans de nombreux pays. Ils se caractérisent par des particularités morphologiques, anatomiques et biologiques souvent remarquables. Le volume A résulte de la collaboration d'une vingtaine d'auteurs. Il présente tout d'abord une étude approfondie de la morphologie et de la systématique des Diaspididae, fondée sur des données modernes : description des imagos mâle et femelle et des stades larvaires, structure du bouclier, anatomie des divers organes. La partie consacrée à la systématique est également très complète avec une étude approfondie des caractères morphologiques ayant une importance en taxinomie. On notera un chapitre sur la coévolution Diaspididae/plantes hôtes et ses conséquences sur la spéciation. La biologie de la reproduction des Diaspididae est représentée par des chapitres consacrés aux chromosomes, aux gamètes, aux phéromones. Le développement est étudié avec des chapitres sur la mue, les «life histories», les endosymbiotes. Les Diaspididae montrent des particularités écologiques originales liées à leur mode de vie. Le plus souvent fixés par les stylets piqueurs, ces insectes peuvent s'adapter rapidement à des particularités de la plante hôte et former ainsi des populations isolées et morphologiquement différenciées. Les chapitres consacrés à l'écologie traitent des relations avec la plante hôte et de la spécificité, de la formation des galles, de la distribution spatiale et temporelle, de l'influence des facteurs du milieu (biotiques et abiotiques), de la dynamique des populations, des relations avec les fourmis. Enfin un important chapitre traite des méthodes d'étude : techniques de montage (délicates), étude des chromosomes, élevage de masse pour la lutte biologique.

Cet ouvrage luxueusement présenté, avec une illustration abondante et de qualité, est un synthèse qui sera indispensable à tous les entomologistes mais qui sera aussi utilement consultée par les écologistes amenés à s'intéresser à ces insectes si curieux. Les cochenilles fournissent beaucoup d'exemples intéressant le domaine de l'écologie générale : relations insectes/végétaux, compétition, dynamique des populations, influence du milieu, etc. Les deux tomes suivants, qui sont annnoncés, seront consacrés aux divers ennemis des cochenilles Diaspididae et à leur emploi en lutte biologique, et à une étude des espèces de Diaspididae nuisibles à l'agriculture, au plan mondial.

R. DAJOZ

I.S. ZONNEVALD, R.T.T. FORMAN (ed.). — **Changing landscapes. An ecological perspective**. Un volume relié XIII + 285 pages. Springer éditeur, Berlin, 1990. Prix : 142 DM. ISBN :3-540-97102-5.

L'écologie des paysages est une nouvelle branche de l'écologie en plein essor. Elle est fondée sur une idée essentielle-ment : on ne peut pas étudier le fonctionnement d'un écosystème sans envisager ses relations avec les régions environnantes. «Landscape ecology focuses on the spatial relationships, fluxes, and changes in species, and materials across large land mosaics». Dans cet ouvrage, qui résulte de la collaboration de dix neuf auteurs, divers aspects de l'écologie des paysages sont traités. La première partie est de nature historique. Elle comprend tout d'abord un chapitre très utile qui rappelle les concepts de base de l'écologie des paysages («Scope and concepts of landscape ecology as an emerging science»). Deux autres chapitres exposent l'historique de l'écologie des paysages en Europe (l'écologie des paysages est née en Europe centrale avec Carl Troll vers la fin des années trente sous le nom de Landschaftsökologie), puis en Amérique.

La deuxième partie traite des flux d'énergie et de matière dans une mosaïque de paysages et des conséquences écologiques du phénomène. Les cinq exemples traités sont les suivants : Landscape pattern and its effects on energy and nutrient distribution ; biogeochemical cycles and ecological hierarchies ; woods as habitat patches for birds ; application in landscape planning in the Netherlands ; hedgrow network patterns and processes in France ; ecological processes in the time and space of farmland mosaics.

La troisième partie montre à l'aide de quatre exemples comment les activités humaines provoquent des modifications dans la structure des paysages. Les exemples sont pris aux USA et au Chili.

La quatrième partie montre comment les connaissances acquises en écologie des paysages peuvent être utilement exploitées pour un aménagement rationnel du milieu. Les deux articles intitulés : **Basic premises and methods in landscape ecological planning and optimization**, et **Ecologically sustainable landscapes : The role of spatial configuration**, paraissent particulièrement utiles, aussi bien pour les théoriciens de l'écologie que pour les spécialistes de l'aménagement du territoire. L'écologie des paysages est peut-être la partie de l'écologie qui aura le plus d'applications pratiques. Ce livre très intéressant le montre largement.

R. DAJOZ

The environmental business handbook. — Un volume relié 19 × 25 cm, XIV + 336 pages. Euromonitor Publications Limited, Trunmill Street, Londres, 1989. Prix : 65 livres, ISBN : 0-86338-317-3

La montée en puissance des mouvements «environnementalistes» et leur influence croissante sur l'opinion publique aura été une caractéristique des années 80. Comme l'indique la présentatoion de ce livre : «The environmental lobbyists, far from representing a minority of eccentrics, are becoming a major challenge to government policy, industrial development, and consumer product marketing». Ceci explique le but de ce livre qui comprend quatre parties.

La première renferme une série de mots-clés tels que *acid rain, aluminum, deep ecology, desertification, gaia hypothesis, nitrates, ozone, pesticides, tropical rain forest, wildlife exploitation*, etc. Pour chaque mot clé on trouve un exposé de la question et les conséquences que les industriels (ou les agriculteurs, ou les législateurs) devront en tirer en ce qui concerne leurs activités pour éviter de continuer à détruire ou à dégrader l'environnement.

La deuxième partie présente un état de certaines ressources naturelles disponibles à l'échelle de la planète et leur évolution : Cétacés, pêches en mer, forêts tropicales, atmosphère (et sa pollution), terres cultivables (et leur érosion, désertisation, salinisation), eau. Cette deuxième partie rassemble une grande quantité de données chiffrées qui seront très utiles.

La troisième partie montre comment les exigences nouvelles en ce qui concerne la qualité de l'environnement interviennent au niveau de l'industrie et de l'économie. Elle se termine par une analyse des résultats obtenus aux élections par les «Verts» dans divers pays.

La quatrième partie est une section de références. Elle contient une très utile liste (déjà longue) des traités internationaux relatifs à la protection de l'environnement, qu'ils soient ratifiés ou en projet. On trouve également une liste des groupements «environnementalistes», en Grande Bretagne essentiellement, avec en plus quelques organisations européennes ou internationales. Cet ouvrage sera précieux par la documentation qu'il apporte et qui est souvent difficile à réunir. Il est en outre parfaitement objectif, sans cacher les problèmes réels qui se posent, mais sans faire non plus de catastrophisme.

R. DAJOZ

Jean Pierre GASC. — **Les Lézards de Guyane**. Éditions Raymond Chabaud, Paris 1990. Un volume 76 pages, 50 photos en couleurs. ISBN : 2-67749-015-7.

Le Muséum National d'Histoire Naturelle a entrepris, depuis plusieurs années, une étude de la forêt de Guyane française ; la station d'étude principale est située en plein coeur de la forêt, dans une zone non perturbée par l'homme. Divers chercheurs ont entrepris la rédaction de monographies sur des groupes d'animaux dont ils sont spécialistes et ce petit volume consacré aux Lézards est le premier à paraître (Le volume suivant, consacré aux serpents est en préparation).

Après une présentation de la Guyane et de ses principaux écosystèmes, un chapitre indique quels sont les critères de reconnaissance des familles de lézards sur le terrain. Un autre chapitre décrit les principaux milieux et les lézards qui les occupent : régions côtières, villes, cours d'eau, divers biotopes forestiers. Dans la partie principale du livre les diverses espèces de lézards sont énumérées par famille : Gekkonidés, Iguanidés, Téiidés, Scincidés. Les lézards de Guyane, comme ceux de beaucoup de régions tropicales, sont très différenciés morphologiquement et ils jouent un rôle important dans le fonctionnement des écosystèmes. Ils ont colonisé tous les milieux, même le milieu aquatique et ils renferment les plus petites espèces connues de Vertébrés terrestres. L'intérêt de ce livre réside dans les données qu'il apporte sur la biologie des lézards et leur rôle dans un milieu tropical ; l'auteur précise bien que l'on ne sait pas grand chose sur diverses espèces et que les recherches méritent d'être poursuivies. Une clé d'identification permet de déterminer les 37 espèces connues juqu'ici de Guyane. Toutes ces espèces sont représentées par de bonnes photos en couleurs, la plupart étant inédites. Une courte bibliographie donne la liste de quelques travaux récents sur le sujet.

R. DAJOZ

J.C. RAMEAU, D. MANSION, G. DUME. — **Flore forestière française. Guide biologique illustré**. Volume 1 : Plaines et collines. Préface de M. Bournérias et M. Jacamon. Un volume relié 1.785 pages. Institut pour le développement forestier, 1989.

Cet ouvrage est le premier d'une série consacrée à la flore forestière française. Les deux autres volumes seront consacrés à la montagne et à la région méditerranéenne. Sous le nom de plaines et collines les auteurs entendent les régions dont l'altitude est inférieure à 800 mètres. L'introduction est essentiellement destinée à permettre la compréhension des fiches consacrées à chaque espèce. On y trouve : un exposé sommaire des règles de la nomenclature botanique, une description des divres types biologiques des végétaux, des données sur la distribution géographique des végétaux et sur leurs exigences, tout particulièrement vis-à-vis des conditions édaphiques, un vocabulaire donnant la définition des termes employés en botanique.

La partie consacrée à la reconnaissance des espèces traite des Bryophytes, des Ptéridophytes et des plantes à fleurs. Pour chaque espèce on trouve sur la page de gauche un dessin d'ensemble de la plante et des dessins détaillant les caractères importants. Ces dessins sont remarquables par leur finesse et leur précision. Sur la page de droite on trouve le nom latin, les noms vernaculaires en trois langues, puis l'énumération des caractères diagnostiques et des caractères biologiques, des données autoécologiques, la liste des formations végétales fréquentées par la plante, la distribution géographique en France (avec une carte), les usages et les propriétés. Les exigences vis-à-vis du sol sont détaillées par un diagramme dans lequel sont réunies les caractéristiques du sol (types d'humus et humidité). On dipose ainsi pour chaque plante étudiée d'une véritable petite monographie taxinomique, biologique et écologique. Trois annexes complètent cette flore ; l'une donne la composition des groupes d'espèces indicatrices des divers types de milieux, la deuxième présente la classification des différentes associations végétales existantes en forêt, la troisième est la liste des espèces protégées ou susceptibles de l'être.

Cette flore est originale dans sa conception. Elle renferme 630 espèces, c'est-à-dire un choix important parmi les espèces des forêts de plaine. Elle a l'avantage d'apporter pour chaque espèce un résumé de ce que l'on sait de son écologie. C'est pourquoi on ne peut que conseiller de l'emporter sur le terrain lors des excursions en forêt.

R. DAJOZ

Makoto MATSURA et Seiki YAMANE. — **Biology of the vespine wasps**. Un volume relié XIX + 323 pages. Springer éditeur, Berlin et New York, 1990. Prix : 198 DM. ISBN : 3-540-51900-9.

Ce livre, traduit du japonais, est l'oeuvre de deux entomologistes qui ont beaucoup étudié les guêpes. Les Hyménoptères de la superfamille des Vespoidea renferment deux familles, les Masaridae et les Vespidae. Dans cette dernière il existe trois sous-familles, les Stenogastrinae, les Polistinae et les Vespinae ou guêpes vraies avec 4 genres et une soixantaine d'espèces dans le monde. Parmi les insectes sociaux les guêpes occupent une place originale, ce qui est bien montré dans ce livre où l'accent est mis sur l'étude du comportement. Les sujets traités sont les suivants : cycles de développement, les nids, les structures sociales, la recherche de la nourriture, la dynamique des populations, les guêpes parasites, les ennemis des guêpes. Une autre partie traite de la classification et de la phylogénie, de la distribution géographique, des relations des guêpes avec l'homme. Enfin le dernier chapitre est consacré aux espèces japonaises.

Ce livre paraît être la première synthèse consacrée à la biologie des guêpes. C'est une bonne mise au point qui sera utile aux entomologistes, aux spécialistes du comportement et des sociétés animales. Une très bonne illustration et une bibliographie exhaustive (ne négligeant pas les travaux publiés dans une langue autre que l'anglais !) complètent le texte.

R. DAJOZ

Roger N. HUGHES. — **Behavioural mechanisms of food selection**. Un volume relié XII + 886 pages. Springer éditeur ; Berlin et New York, 1990. ISBN : 3-540-51762-6.

Il y a un peu plus de vingt ans, Mac Arthur et Pianka, de même que Emlen furent à l'origine de la notion de l'«optimal foraging» qui a été beaucoup développée et qui aujourd'hui intéresse beaucoup les théoriciens en même temps qu'elle intrigue certains septiques. Ce volume est le compte rendu d'un colloque qui a eu pour but de répondre à diverses questions relatives à l'«optimal foraging theory».

La première partie est consacrée à l'exposé de divers aspects théoriques. Cinq articles de synthèse s'y trouvent ; en voici les titres : Predator switching and the interpretation of animal choice behaviour : the case for constrainded optimization ; Foraging in the context of life-history : general principles and specific models ; The starvation-predation trade-off and some behavioural and ecological conséquences ; Timing mechanisms in optimal foraging : some applications of scalar expectancy theory ; On evaluation for foraging strategies through estimates of reproductive success.

Les autres parties du livre sont consacrées chacune à un aspect particulier de la théorie : Evaluation and selection of food items ; Constraints and physiological state ; Ontogenic changes in food selection ; Mammalian grazers ; Invertebrates graers grazers ; Deposit feeders ; Filter feeders ; Interactions among foragers : social co-operation, competition ; Interactions between foragers and other animals : predation, fisheries management.

La table ronde finale insiste sur le rôle et l'importance de la notion d'optimal foraging en écologie, et précise les points de la théorie qui doivent être développés dans l'avenir.

Ce très intéressant ouvrage fait ainsi le point sur un aspect de l'écologie théorique en plein développement.

R. DAJOZ

A.C. BROWN et A. McLACHLAN. — **Ecology of sandy shores**. Un volume relié XII + 328 pages. Elsevier éditeur, Amsterdam, 1990. Prix : 97,50 $. ISBN : 0-444-88661-3.

L'étude des plages sableuses littorales a commencé bien après celle des littoraux rocheux. Ce livre est une tentative de synthèse de nos connaissances sur ce sujet, en incorporant aussi bien la vie dans la partie submergée que la vie de la partie émergée des rivages sableux. Le plan est classique. Il y a tout d'abord une étude du milieu au point de vue des caractéristiques physico-chimiques. Puis vient une étude des invertébrés et plus particulièrement de la macrofaune. Cette

étude est sommaire. Il s'agit plutôt d'une énumération de quelques espèces appartenant à divers groupes zoologiques, tant du milieu terrestre que du milieu aquatique. Certains groupes (comme les insectes) auraient mérité un traitement moins sommaire. Viennent ensuite des études relatives aux adaptations à la vie dans les plages sableuses et aux communautés macrobenthiques. Un chapitre, consacré à l'écologie du milieu interstitiel paraît bien sommaire. Certaines lacunes sont étonnantes : on s'étonne de ne trouver cités, aussi bien dans le texte que dans la bibliographie, ni Delamare Debouteville (*Biologie des eaux souterraines littorales et continentales*), ni Remane, ni Renaud-Debyser, ni d'autres auteurs germanophones ou francophones. Un autre chapitre est consacré aux Vertébrés des plages sableuses. Les plages sableuses comme écosystème font l'objet d'une autre partie où sont analysées les relations trophiques, les flux d'énergie, les cycles des éléments. Enfin le livre se termine par des données sur la pollution des plages, sur les dunes comme écosystèmes, et sur la conservation et l'aménagement des milieux sableux littoraux.

Le sujet «ecology of sandy shores» est très vaste. Ce qui est présenté dan ce livre est bien traité ; mais on aurait souhaité des développements plus importants pour certains aspects de la vie dans les zones littorales sableuses, terrestres ou submergées.

R. DAJOZ

G. Tyler MULLER Jr. — **Living in the environment. An introduction to the environmental science.** Sixième édition. Un volume relié (21 × 29 cm) XVIII + 620 + 60 pages, 8 planches couleur hors-texte. Chapman et Hall éditeur, Londres, 1990. Prix : 16,95 £. ISBN : 0-534-12222-1.

Ce livre traite des science de l'environnement c'est-à-dire essentiellement d'écologie appliquée. Il débute par un chapitre de généralités intitulé «Human and nature : an overview» dans lequel on trouve un aperçu global relatif à l'action de l'homme sur la nature, puis une étude historique du mouvement «conservationniste», malheureusement limitée aux États-Unis. Un autre chapitre présente les concepts d'écologie théorique nécessaires à la compréhension du sujet : matière et énergie, structure et fonctionnement des écosystèmes, principaux écosystèmes du globle, éléments de dynamique des populations, réponses des écosystèmes aux stress.

La partie écologie appliquée commence par trois chapitres consacrés à la population humaine, à ses caractéristiques démographiques, à sa régulation et aux problèmes posés par l'urbanisation. Plusieurs autres chapitres traitent des ressources naturelles, de leur abondance, de leur exploitation, en considérant successivement le sol, l'eau, l'alimentation, les ressources renouvelables (forêts, vie animale) ou non renouvelables (métaux, combustibles fossiles ; un chapitre important sur le nucléaire), les énergies nouvelles (solaire, vent, biomasse). Les divers types de pollutions sont traités dans quatre chapitres : risques généraux dûs à la pollution, pollution de l'air, pollution de l'eau, les pesticides. Le livre se termine par une cinquantaine de pages sur le sujet «environnement et société». Une importante bibliographie de 24 pages et de nombreux index facilitent la recherche de sujets précis.

Cet ouvrage est remarquable par la richesse de sa documentation et ses qualités pédagogiques (Il a d'ailleurs été testé par de nombreux enseignants). L'illustration est abondante et de qualité. Sur certains points litigieux des encadrés permettent de présenter des opinions contraires ou complémentaires de celles qui sont exposées dans le texte principal.

Pour tous ceux qui s'intéressent aux questions relatives à l'environnement il s'agit d'un ouvrage à recommander. D'autant plus que le prix («student price book») est très modeste (environ 170 francs).

R. DAJOZ

M. LIETH et M.J.A. WERGER (ed.). — **Tropical rain forest ecosystems. Biogeographical and ecological studies.** Collection «Ecosystems of the world», volume 14 B. Un volume (19 × 26 cm) relié XVII + 713 pages. Elsevier éditeur, Amsterdam 1989. Prix : 250 $. ISBN : 0-444-42755-4.

Après le premier volume consacré aux forêts tropicales humides, qui en présentait les caractéristiques structurales et fonctionnelles générales, ce second volume traite de diverses autres questions. Les caractéristiques des climats des forêts tropicales sont tout d'abord présentées à l'échelle mondiale. Un chapitre est consacré aux microclimats et en particulier à leur stratification dans le plan vertical, qui joue un rôle si important dans la biologie des organismes animaux et végétaux. Deux autres chapitres sont consacrés aux sols et à l'hydrologie.

La partie écologie végétale comprend des chapitres généraux sur la végétation des forêts d'Amérique, d'Afrique, d'Australie et des îles de l'océan Pacifique, puis des chapitres particuliers sur les végétaux vasculaires épiphytes, si abondants dans les forêts tropicales humides. Un chapitre est consacré à la biologie des Diptérocarpacées de l'Asie du sud-est. En ce qui concerne les groupes systématiques ou biologiques les Lichens, les Bryophytes, les Ptéridophytes, les lianes et les mycorrhizes sont traités dans des chapitres spéciaux. La vie animale est représentée par des chapitres sur les Primates, les Chauves-Souris les Rongeurs, les Oiseaux et l'herpétofaune. Les insectes ne sont pas oubliés : distribution spatiale des insectes ailés, Lépidoptères nocturnes, termites, fourmis *Atta*, Coléoptères coprophages. Les relations animaux herbivores/végétaux sont illustrées par un chapitre sur les composés secondaire des végétaux et sur leur rôle. Les processus de la décomposition et les cycles de la matière sont décrits et comparés à ceux qui existent dans les autres régions du globe. Enfin l'aspect «conservation» de la forêt tropicale est représenté par trois chapitres relatifs à son exploitation qui est parfois raisonnable et souvent démesurée.

Comme les autres volumes de cette imposante collection, celui-ci apporte une grande quantité de données bien présentées et analysées dans laquelle le lecteur pourra rechercher les renseignements voulus. C'est une source de documentation indispensable dans la biobliothèque de tout laboratoire d'écologie.

R. DAJOZ

A.J. GRAY et P.E.M. BENHAM. — ***Spartina anglica*. A research review.** Un volume (21 × 29 cm) pages. Her Majesty Stationery Office, Londres, 1990. Prix : 8,75 livres. ISBN : 0-11-701477-X.

Spartina anglica est une Graminée, hybride naturel entre *S. maritima* et *S. alterniflora*, qui est apparue vers 1870 sur la côte sud de l'Angleterre et qui s'est répandue sur le littoral dans les zones de marais salants au point de dominer largement la végétation dans certaines régions. Ce livre synthétise l'ensemble des recherches de toutes sortes qui ont été faites

sur cette plante, en particulier sur son écologie et sur les conséquences de sa présence sur les autres organismes. Il en présente les aspects bénéfiques et les aspects néfastes et tente de répondre à la question : *Spartina anglica* doit-elle être favorisée ou freinée dans son extension ? L'ensemble est un ouvrage d'écologie fondamentale et appliquée que l'on consultera avec intérêt.

R. DAJOZ

Se nourrir en forêt équatoriale. — Ouvrage collectif de l'E.R. 263 du CNRS : Anthropologie Alimentaire Différentielle. UNESCO/MAB Paris (1989) 96 pp.

Les études sur l'alimentation d'un certain nombre de populations humaines en forêt ombrophile des régions équatoriales d'Afrique étaient fondées avant tout sur le recueil de données quantitatives comme les ressources du milieu, la mesure et la pesée directe de la consommation alimentaire des populations vivant, selon les auteurs, «encore en équilibre de subsistance». Cette approche pluridisciplinaire nous apporte des renseignements intéressants, bien qu'assez éclectiques, sur l'alimentation de l'Homme dans son milieu naturel, certes, mais dans lequel il ne vit malheureusement plus en harmonie avec la nature. Les planteurs de forêt sont comparés aux cueilleurs-chasseurs, mais il ne faut pas oublier que ces derniers se secondarisent par la force des choses. Ainsi, le piégeage a fait son apparition chez eux et certains possèdent déjà leurs propres plantations. Les aspects physiologiques, biomédicaux et socio-culturels permettent un regard sur les pratiques des différentes Ethnies. Bien que la plupart des données aient déjà été publiées, elles sont agréablement présentées et accompagnées d'une iconographie instructive.

A. HEYMER

P. OZENDA. — Les organismes végétaux. 1. Les végétaux inférieurs. Un volume 219 pages. Collection «Abrégés», Masson, éditeur, 1990. Prix : 120 francs. ISBN : 2-225-81916-5.

Ce livre traite des Cyanophytes, Algues, Champignons, Lichens et Ptéridophytes. Les aspects classiques de la morphologie, de l'anatomie, les cyles de développement, les modalités de la reproduction sont traités d'une façon concise, mais très pédagogique, avec une illustration abondante. Les données modernes sont toujours prises en considération. Mais en outre une grande importance est accordée à la biologie et à l'écologie des végétaux et ces données de biologie générale ajoutent beaucoup à l'intérêt du livre. Ainsi par exemple pour les champignons sont traités : les modalités de l'hétérotrophie, le parasitisme et les maladies cryptogamiques, les symbiotes (et en particulier les mycorrhizes), la sexualité sous ses aspects morphologique, génétique et physiologique, les champignons et l'homme. Ainsi conçu cet abrégé de botanique représente une source de documentation agréable et qui sera utile à tous.

R. DAJOZ

J.B. GRACE et D. TILMAN (ed.). — **Perspectives on plant competition.** Un volume relié XIV + 484 pages. Academic Press, Londres, 1990. Prix : 57,5 £. ISBN : 0-12-294452-6.

Depuis Darwin la compétition a été considérée comme par beaucoup comme un des agents principaux qui interviennent pour déterminer la forme des végétaux ainsi que la structure et la dynamique des communautés végétales. Ce livre est destiné à montrer, à l'aide d'exemples comment la compétition se réalise et quelles en sont les conséquences. Une synthèse est tentée à partir d'opinions parfois divergentes. D'où les trois parties du livre. La première partie étudie les mécanismes de la compétition sur divers exemples, avec les chapitres suivants : Perspectives on plant competition ; Apparent versus «real» competition in plants ; Components of resource competition in plant communities : On the relationship between plant traits and competitive ability ; The application of plant population dynamic models to understanding plant competition ; Competition and nutrient availability in heathland and grassland ecosystems ; Mechanisms of plant competition ; Allelopathy, Koch's postulate, and the neck riddle.

La deuxième partie traite du rôle de la compétition dans la structuration des communautés avec les titres suivants : On the effects of competition ; from monocultures to mixtures ; Phytoplankton nutrient competition — from laboratory to lake ; Community theory and competition in vegetation ; Plant-plant interactions in successional environments ; Competitive hierarchies and centrifugal organization in plant communities ; Disorderliness in plant communities : comparisons, causes and consequences ; The role of competition in structuring pasture communities ; The role of competition in agriculture.

La troisième partie est consacrée à l'étude des interactions entre les animaux herbivores, les parasites, les symbiontes et la végétation dans les processus de compétition : The mediation of competition by mycorrhizae in successional and patchy environments ; The impact of parasitic and mutualistic fungi on competitive interactions among plants ; Herbivore influences on plant performance and competitive interactions ; Predation, herbivory, and plant strategies along gradients of primary productivity.

A travers de nombreux cas concrets bien étudiés, ce livre offre un panorama très complet sur la compétition et ses rôles en écologie végétale.

R. DAJOZ

A. LUGO. — **Diversity of tropical species. Questions that elude answers.** Biology international, special issue n°19 ; 37 pages.

La biodiversité animale et végétale est généralement plus grande dans les régions tropicales que dans les régions à climat tempéré. Dans ce numéro spécial de **Biology international** l'auteur passe en revue un certain nombre de sujets en rapport avec cette constatation. Il essaie en particulier de répondre à ces questions : Pourquoi y-a-t-il une telle diversité dans le milieu tropical ? Comment cette diversité peut-elle se maintenir ? Quel est le rôle écologique de cette diversité ? Comment cette diversité évolue-t-elle de nos jours face aux atteintes que l'homme porte au milieu tropical ? Dans cette intéressante revue bibliographique qui expose (et critique parfois) les hypothèses qui ont été avancées, l'auteur montre que bien des réponses aux questions posées ne sont pas

encore connues. Les théories exposées dans ce fascicule pourront intéresser également les écologistes qui étudient la biodiversité dans d'autres régions que les régions tropicales.

R. DAJOZ

R.T. BAKKER. — **Le ptérodactyle rose et autres dinosaures.** Un volume XII + 468 pages, préface de Ph. Taquet, Professeur au Muséum, Editions Armand Colin-Chabaud, Paris 1989. ISBN : 2-87749-5.

Cet ouvrage est la traduction du livre en anglais paru en 1986 sous le titre **Dinosaur heresies**. Il est l'oeuvre d'un paléontologiste connu, spécialiste des Dinosaures. Le titre un peu enigmatique et provocateur de cette édition française cache un ouvrage très sérieux sur un groupe d'animaux fossiles très populaires mais qui, selon la thèse de BAKKER, ont presque toujours été mal interprétés, aussi bien dans leur anatomie que dans leur écologie. La thèse de BAKKER est que certains Dinosaures étaient des animaux à sang chaud. Il fonde cette thèse sur tout un ensemble de considérations anatomiques et paléoécologiques subtiles et convaincantes, et en même temps très bien présentées. La critique des données de la littérature est fondée sur une connaissance approfondie des dinosaures et de leurs conditions de gisement. Ajoutons qu'il y a dans ce livre de nombreuses illustrations très pédagogiques, de la main de l'auteur, et d'une facture très originale. La bibliographie finale est abondante.

Ce livre agréablement écrit et bien traduit apparaît comme un modèle de bonne vulgarisation en même temps qu'un plaidoyer très convaincant pour une thèse révolutionnaire des Dinosaures à sang chaud.

R. DAJOZ

Annual review of ecology and systematics. — Volume 20, 1989. n volume relié 477 pages. Prix : 38 $. Annual review Inc., Palo Alto, Californe. ISBN : 0-8243-1420.

Ce volume de Annual Review of ecology and systematics renferme quinze articles qui traitent de divers sujets d'écologie. Ce sont les suivants :

— Environmental factors and ecological processes in boreal forests.

— Environmental stresses and conservation of natural populations.

— Nutrient dynamics and food-web stability.

— Analyzing body size as a factor in ecology and evolution.

— Pattern and patchiness in plant-pathogen interactions — and consequences.

— Behavioral environments and evolutionary change.

— Landscape ecology : the effect of pattern on process.

— Food limitation of planktotrophic marine invertebrate larvae : does it control recruitment success ?

— Phenotypic plasticity and the origins of diversity.

— The role of optimizing selection in natural populations.

— The ecology and evolution of intraguild predation : potential competitors that eat each other.

— Induced plan responses to herbivory.

— A framework for plant behavior.

— Measuring fitness and natural selection in wild plant populations.

— Biology and systematics of ticks (Acari : Ixodida).

Trois articles de ce volume traitent de sujets de systématique. Ce sont :

— Biosystematics of the genus Vicia L.

— The importance of fossil in phylogeny reconstruction.

— The biological homology concept.

R. DAJOZ

M. BOURNERIAS, C. POMEROL, Y. TURQUIER. — **La Corse. Guides naturalistes des côtes de France.** Un volume 248 pages, 88 photos en couleur hors texte. Delachaux et Niestlé, Neuchâtel, 1990. ISBN : 2-603-00736-X.

Après avoir terminé les côtes de la Manche et de l'Atlantique, les auteurs de ce «guide des côtes de France» abordent les rivages méditerranéens en consacrant un volume entier à la Corse. Le plan suivi est le même que dans les volumes précédents. Une présentation du milieu naturel traite de la géologie, des facteurs climatiques et de la biogéographie du littoral corse. Le caractère insulaire marque ici profondément la nature, comme par exemple par la présence d'un nombre remarquablement élevé d'endémique. Enfin un copieux chapitre traite de la vie dans les grands types de milieux littoraux : côtes rocheuses, dunes, étangs et marais littoraux. Il se termine par une étude de l'impact (hélas important et très destructeur) de l'homme. Toute cette première partie est un véritable petit traité de botanique, de zoologie et d'écologie relatif au littoral corse, remarquablement documenté. Une bonne illustration vient aider le lecteur. Une seule remarque : dans le chapitre consacré à l'endémisme de la faune (page 64) il aurait été utile de signaler le cas des Coléoptères de la famille des Tenebrionidae qui sont représentés en Corse par plusieurs endémiques dont beaucoup sont localisés au littoral. La figure 18 représente des espèces de Coléoptères qui sont bien peu reconnaissables. *Pimelia bipunctata* n'existe pas en Corse où elle est remplacée par l'espèce endémique *Pimelia payraudeaui*. La deuxième partie propose six itinéraires qui couvrent la quasi totalité des rivages corses, avec en particulier les régions si remarquables des environs de Bonifacio. Les espèces et les zones protégées sont toujours soigneusement signalées ce qui incitera l'utilisateur de ce guide à les respecter.

Comme pour les volumes précédents, ce guide du littoral de la Corse est une réussite que chacun emportera avec lui lorsqu'il aura la possibilité de parcourir ces régions magnifiques dont beaucoup sont encore épargnées par les aménagements de toutes sortes.

R. DAJOZ

Studies of magnitude and nature of pesticide residues in stored products, using radiotracers techniques. Un volume 146 pages. International atomic energy agency, Vienne, Autriche, 1990. Prix : 460 shillings. ISBN : 92-0-111090-1.

La population mondiale est en augmentation constante, ce qui est la cause d'une demande alimentaire de plus en plus grande. D'où le recours à une agriculture intensive et à l'emploi de pesticides qui peuvent se retrouver dans les aliments et qui représentent un danger potentiel pour l'homme. Des méthodes de dosage des résidus de pesticides dans les denrées stockées, utilisant divers isotopes radioactifs, ont été mises au point. Quelques unes de ces méthodes de dosage sont décrites dans ce livre. Parmi les pesticides recherchés le malathion est le plus souvent cité, suivi par le pirimiphos-méthyl, un insecticide et un acaricide à larges spectres d'activité. Ces résultats montrent que des insecticides utilisés pour protéger le riz peuvent persister pendant deux à dix mois dans les stocks. De même pour le bromure d'éthylène (EDB) utilisé intensément en fumigations pour protéger le maïs au Ghana : «data indicate the presence of high inacceptable levels of EDB and/or derivates in maize grains at the point of human consumption. This finding would necessitate that local practices be modified, revised or changed». Ceci montre l'intérêt des méthodes précises de dosages des résidus de pesticides dans l'alimentation à l'aide d'isotopes, telles qu'elles sont décrites dans ce livre.

R. DAJOZ

G. ROUGERIE. — **Les montagnes dans la biosphère.** Un volume 224 pages. Armand Colin Paris, 1990. Prix : 100 francs. ISBN : 2-200-31260-1.

Les régions montagneuses ont eu, et ont encore, un rôle important dans la diversification des êtres vivants. Au cours des temps et selon les vicissitudes climatiques elles ont joué le rôle de barrières, de refuges ou de ponts permettant le passage des faunes et des flores. Ces constatations justifient l'existence d'un ouvrage consacré au rôle des montagnes dans la biosphère.

Le milieu montagnard (climat, relief, sols) est tout d'abord décrit, puis le phénomène si caractéristique de l'étagement altitudinal. Les contraintes imposées par le milieu montagnard et les adaptations des organismes sont ensuites analysées pour les différents étages. Enfin les montagnes sont décrites pour les diverses régions climatiques : montagnes intertropicales, montagnes en pays de moussons, montagnes en régions arides, en régions à climat méditerranéen, tempéré ou froid. Les caractéristiques de la faune et de la flore, du climat de ces différentes montagnes sont bien décrites. Il s'agit d'un bon ouvrage qui traite de l'écologie et de la biogéographie des montagnes et qui apporte une documentation générale sur l'ensemble des montagnes du globe. La bibliographie finale aurait pu signaler l'existence d'ouvrages généraux ou spécialisés sur la montagne comme : ELLENBERG : Vegetation mitteleuropas mit den Alpen ; MANI : Ecology and biogeography of high altitude insects ; P. OZENDA : La végétation de la chaîne alpine.

R. DAJOZ

Tribune

QUELQUES CONSEILS POUR ÉCRIRE UN ARTICLE SCIENTIFIQUE EN ANGLAIS

par C. Patrick DONCASTER
Centre d'études biologiques des animaux sauvages, CNRS,
79360 BEAUVOIR-SUR-NIORT

Bien qu'il existe déjà des livres de conseils sur l'usage de l'anglais et sur la rédaction des manuscrits scientifiques (voir la bibliographie), les premiers ne sont pas bien adaptés au domaine scientifique et les derniers n'abordent pas les difficultés particulières aux francophones. Les scientifiques francophones, qui sont poussés de plus en plus à publier en anglais pour communiquer leurs travaux au public international, se plaignent souvent de ce manque d'informations. Les notes qui suivent sont destinées à remplir cette lacune, en présentant quelques problèmes souvent rencontrés au niveau de la forme des articles écrits en anglais par des francophones. Elles sont fondées sur les corrections de plusieurs manuscrits produits par notre laboratoire, qui ont depuis passé l'épreuve des éditeurs. Pour cette raison, les exemples sont tirés surtout du domaine de l'écologie des vertébrés, mais les principes s'appliquent à d'autres disciplines.

I — STYLE

(1) Traitons d'abord l'emploi des sept paragraphes classiques d'un article rédigé en anglais, donc diffèrent pour certains détails du style français. Le titre est la partie la plus importante de votre article ; il doit être à la fois instructif, précis et surtout court. Le résume («abstract») indique le but de votre article (sans répéter le titre), vos résultats et leur signification. L'introduction ne doit pas être trop longue ; elle sert à introduire le problème et les hypothèses que vous allez tester, en faisant appel à la littérature déjà existante sur ce thème. Dans les méthodes sont décrits votre protocole et le matériel employé. Vos résultats sont présentés succinctement dans la section «Results». Ils sont interprétés et mis en valeur dans une section à part intitulée «Discussion», dans le contexte des autres études sur le même thème. La discussion, elle aussi, doit être succincte et pas trop spéculative, sa fonction étant de se servir de vos résultats pour actualiser le thème introduit au début de l'article. On peut rajouter une conclusion, qui ne fait pas le bilan des résultats, mais qui est une courte synthèse sur la signification des nouveaux résultats.

(2) Les méthodes et les résultats sont toujours décrits au passé (prétérit), parce qu'il s'agit d'une expérience qui est maintenant terminée. Le présent est réservé aux généralités qui sont considérées comme acquises. On peut se permettre d'utiliser le présent quand on discute les résultats des autres. Par exemple : «Although the breeding cycle of Gentoo penguins is well synchronised in southerly latitudes (Croxall, 1987), the results presented here have suggested a gradient towards asynchrony at the northern limits of the bird's range. Egg laying on the Crozet Islands (this study) was extended over a period twice that on South Shetland (Croxall & Jouventin, 1989).

(3) Evitez les pronoms «I» et «we», parce que le sujet de l'article n'est pas vous, mais vos animaux, votre problème ou phénomène écologique ou physiologique.

(4) En général, ne commencez une phrase ni avec une préposition («in», «at», «for», «during», ni avec une conjonction («however», «nevertheless», «mereover»), et ne la finissez ni avec un verbe ni avec une préposition.

(5) Évitez de mettre trop d'adjectifs avant le nom. La phrase «Breeding Kerguelen petrels built long, narrow tunnels, while Crozet petrels built short, wide tunnels» n'est pas nette. La phrase «The tunnels dug by petrels breeding on Kerguelen were longer and narrower than those dug by petrels on Crozet» est claire et mieux aérée.

(6) Évitez la formule «in fact», parce qu'il n'existe pas de vérité absolue pour un scientifique. «In fact» ne veut pas dire «dans les faits» mais «en fait», c'est-à-dire «en réalité».

(7) De même, évitez l'adverbe «actually» («véritablement») qui ne trouve pas sa place dans un vocabulaire scientifique, «Actuellement» se traduit par «at present».

(8) Dans la littérature déjà existante que vous connaissez parfaitement pour votre sujet d'étude, familiarisez-vous avec les tournures de phrase utilisées par les auteurs anglophones parce qu'elles peuvent vous servir dans votre article.

(9) Si vous avez plusieurs points à souligner, n'utilisez pas de longues phrases ou des tirets, mais suivez l'exemple présenté ici, pour les raisons suivantes : (i) un anglais va se perdre dans une longue phrase et il ne comprendra pas ce que veulent dire les tirets ; (ii) la numérotation, qui peut être présentée autrement, comme (a) (b) (c)..., vous permet de traiter plusieurs points dans le même paragraphe et donc de gagner de la place ; (iii) c'est plus anglais ainsi (voir la section qui traite l'esprit anglais).

(10) Si vous avez envie d'utiliser des guillemets pour encadrer un terme ou de souligner un mot pour l'accentuer, il faut

néanmoins y résister et se rendre compte que ces colifichets montrent au lecteur votre impuissance face aux choses difficiles à exprimer. Cherchez alors une autre manière de tourner la phrase.

(11) N'écrivez pas : «The results are presented in Fig. 2». Ceci veut dire : allez voir nos données et débrouillez-vous. Soyez précis et instructif : «The age and sex classes of new recruits (Fig. 2) furthermore revealed that (a) adults re-established more rapidly than juveniles, and (b) females remained in the area longer than males.» Ou mieux : «The sex-ratios were biased in favour of males at the principal site, and in favour of females at the subsidary sites ($P < 0.05$, Table II).» Ainsi les figures et les tableaux accomplissent leur tache qui est d'illustrer quantitativement les résultats, décrits qualitativement dans le texte.

(12) Les légendes doivent rendre les figures et les tableaux évidents en soi, sans avoir besoin de lire le texte de l'article

(13) Dans la mesure du possible, les références aux auteurs et aux figures et tableaux qui sont placées entre parenthèses doivent aller à la fin de la phrase, pour ne pas l'encombrer. Pour les mêmes raisons, évitez des parenthèses successives et des parenthèses entre parenthèses (s'il les faut, utilisez des parenthèses carrées à l'intérieur).

(14) En ce qui concerne les dates, écrivez le mois en lettres («25 November 1989» pour une revue anglaise, «November 25, 1989» pour une revue américaine).

(15) En général, les nombres de un à dix sont écrits en lettres (sauf quand ils sont associés avec une unité : «seven animals», mais «5 days», «9 ha», «6.2 %») et les nombres plus grands sont écrits en chiffres.

(16) La séparation entre l'entier et la décimale est représénée par un point (4.50 ou 0.05 etc), les nombres égaux ou supérieurs à dix milies sont séparés par des virgules (9872 mais 10,027 ou 1,455,372.5 etc).

(17) Ne commencez pas une phrase avec un chiffre. Soit «A total of 212 birds were banded for individual recognition», soit «Two-hundred-and-twelve birds were banded for individual recognition».

II — GRAMMAIRE

(1) Le temps passé prend plusieurs formes différentes qui ne doivent pas être confondues :

(i) «The data were **analysed** by computer». N'écrivez pas «the data have been analysed...». Le prétérit est beaucoup plus utilisé qu'en français. Il met en valeur le résultat d'une action maintenant terminée. Par exemple : «Wild-caught copyus **ate** the equivalent of 25 % of their body weight in apples each day» (et non pas «have eaten»). Utilisez systématiquement le prétérit quand il y a référence au temps : «Problems with the application of this model to insectivores were first **identified** by McCormack in 1896».

(ii) «This individual was **foraging** at sea when its chick was killed by a skua» ou «... when its chick first left the vicinity of the nest». Le prétérit progressif s'emploie pour décrire une action non achevée à un moment donné du passé.

(iii) «Problems with the application of this model to insectivores **have been raised** by McCormack (1986), although he was studying hedgehogs in a tropical environment». N'écrivez ni «were raised by...», ni «he studied...». Le passé composé est utilisé lorsque l'action décrite a une influence sur le présent. Écrivez «Previous studies **have shown**...» et non pas «previous studies showed».

(iv) «Although the model **had** never **been tested** prior to McCormack's (1986) study, numerous authors have subsequently extended his initial revision». Le plus-que-parfait exprime une action accomplie antérieurement à un moment donné du passé.

(2) Les anglophones utilisent moins l'article défini («the») que les francophones. Son emploi ne suit pas une règle absolue, il s'agit plutôt d'un «feeling». En général, l'article défini précède un nom propre singulier («the Lesser Sheathbill is...» mais «Lesser Sheathbills are...»), ou un nom faisant partie d'un sujet déjà annoncé («the agonistic behaviours [described above] where similar for both species» mais «agonistic behaviours [in general] are similar...»). De plus, il précède un nom suivi d'une préposition («the proportion of females lactating in May...»), ou parfois un nom précédé par une préposition («... indicates a rapid adaptation to constraints [non définies] of the city environment not encountered elsewhere»), mais rarement les deux à la fois. «The brown and the black rats» distingue les surmulots des rats noirs, tandis que «the brown and black rats» parle des rats d'une couleur brun-noire.

(3) Utilisation de «that» et «which». Prenons deux exemples : (i) «The adult females that lost weight in autumn 1987 did not breed successfully the following spring» veut dire que parmi les femelles adultes dont on parle, celles qui ont perdu du poids en automne ne se sont pas reproduites le printemps suivant. (ii) «The adult females, which lost weight in autumn 1987, did not breed successfully in spring 1988» veut dire qu'aucune des femelles adultes dont on parle ne s'est reproduite au printemps 1988 et, en plus, elles avaient toutes perdu du poids pendant l'automne précédent. La différence est subtile mais importante pour la bonne compréhension de la phrase. Dans le premier exemple, la clause «lost weight in autumn 1987» est nécessaire au sujet («that» est l'équivalent de «qui» en français) ; dans le deuxième elle apporte une information supplémentaire et non pas nécessaire («which» n'a pas d'équivalent en français). D'habitude, une clause introduite par «which» est encadrée par des virgules, pour souligner la bifurcation de la phrase. Les pronoms «who», «he» et «she» s'appliquent aux personnes et non pas aux animaux.

(4) La conjonction «and» veut dire et/ou tandis que «or» est réservé pour les cas où il s'agit de soit l'un, soit l'autre, mais non pas tous les deux.

(5) Les prépositions d'emplacement ne sont pas utilisées de la même manière en anglais et en français. On dit «At a location/site **on** an island in the French Antarctic Territories», et également «This species breeds throughout the Mediterranean» (non pas «all over).

(6) Pour les mots ayant un sens relatif, n'oubliez pas de préciser la chose avec laquelle ils sont liés. «The same as...», «similar to...», «relative to...», «correlated with...», «at a higher level than...», «this aspect of...», «adaptations to...», «dependent on...», «independent of...».

III — UTILISATION DE LA PONCTUATION

(1) La ponctuation indique à un anglophone où l'on peut se permettre de respirer. Le lecteur va faire une courte pause en rencontrant chaque virgule, et il va respirer à la fin de chaque phrase. Évidemment, si vous abusez de la ponctuation, vous allez finir par étouffer le lecteur. Sauf pour des listes, il est rare d'avoir besoin de plus de deux virgules par phrase et ceci parce que les phrases sont courtes en général, leur organisation interne suivant une logique particulière à l'esprit anglais. Ce dernier point sera traité en détail dans le prochain paragraphe.

(2) L'utilisation de la virgule n'est pas tout à fait la même en anglais et en français :

(i) Elle est employée pour séparer deux clauses principales qui ne sont pas étroitement liées, même si elles sont séparées par un «and». Par exemple : «All animals were weighed and measured before release, and adults were sexed following Boonstra (1986).» Quand il s'agit de décrire plusieurs catégories, utilisez les points-virgules.

(ii) Les virgules sont souvent utilisées par paire, pour souligner une conjonction («All negative values, however, should be discounted from the calculation...»), ou pour encadrer une clause supplementaire (exactement comme on se sert des parenthèses). «A similar pattern was repeated over the following, unusually severe, winter» ; «The shorter residence time of males, together with their tendency to disperse, suggest that...».

(iii) En anglais, on dit «Faeces contained small mammals, birds, insects and fruit.» En américain, on dit «Feces contained small mammals, birds, insects, and fruit.»

(iv) La virgule est employée pour éviter un malentendu : «Soft-bodied insects, and molluscs» (les escargots seraient exclus sans la virgule) ; «they showed a tendency for mutual avoidance, characteristic of competutive segregation.» Une virgule mal employée risque de brouiller le lecteur : «Likewise, the Wandering Albatross, another Procellariiformes, Wilson's Storm Petrel, and some terns and gulls...» Quelle espèce appartient à l'Ordre Procellariformes ? Mettez le nom de la famille entre parenthèses pour ne pas mélanger les virgules d'apposition avec les virgules d'énumération.

(3) Utilisez rarement les deux points. Cela ne se fait pas en anglais sauf pour annoncer une liste. Il suffit de commencer une nouvelle phrase dans le même paragraphe, parce qu'il est entendu qu'un paragraphe va comporter plusieurs phrases qui toutes traitent du même sujet.

(4) N'utilisez jamais de points de suspension... parce que vous n'écrivez pas un roman à suspense. A la limite, mettez un «etc» mais assurez-vous bien que le lecteur comprenne ce que représente le «etc».

(5) De même, le point d'exclamation ne trouve pas sa place dans un article scientifique.

(6) L'apostrophe est employée pour montrer le cas possessif : «The bird's [its] nest», et «the birds' [their] nest(s)», mais «the legs of the tripod». N'utilisez pas les contractions «it's» pour «it is», «don't» pour «do not» etc.

(7) Ne sont précédés d'un espace ni le point-virgule, ni le point d'interrogation, ni les deux points.

IV — COMMENT ENTRER DANS L'ESPRIT ANGLAIS ?

(1) Les articles scientifiques sont écrits pour communiquer nos résultats et leurs significations. Un article écrit en anglais va être lu surtout par des anglophones. Donc pour mieux communiquer en anglais, il faut se mettre un peu dans la peau d'un(e) anglais(e).

(2) L'anglais est un langage sec qui s'adapte aussi bien à l'argument logique que le français est fleuri et se prête à la discussion rationnelle.

(3) En anglais, on aime les phrases courtes et pointues, claires et surtout concises.

(4) Une phrase succincte n'est encombrée ni de virgules, ni de parenthèses, ni de clauses supplémentaires. Elle traite un seul argument avec son sujet et l'action précisée bien au début. Si vous avez plusieurs points à évoquer sur un sujet, mettez-les dans plusieurs phrases toujours dans le même paragraphe.

(5) Voici une phrase écrite dans l'esprit français :

(i) «In the emperor penguin, songs were recorded during the laying period, in may, while the pair was duetting, or in october, while the parent was feeding its chick during the rearing phase».

Voici la même phrase dans l'esprit anglais :

(ii) «The songs of Emperor penguins were recorded while the pair was duetting the laying phase (May), and while the parent was feeding its chick during the rearing phase (October).»

Dans (ii), le sujet («songs») et l'action («were recorded») sont annoncés le plus tôt possible, afin que le lecteur comprenne immédiatement de quoi il s'agit. Le nombre de virgules est passé de cinq à une, la distinction se faisant entre les deux catégories d'enregistrement et respectivement entre le comportement de l'oiseau, la période et (moins important) le mois. Commencer par «Emperor penguin songs» serait encore plus concis, mais rajouterait trop de poids à la phrase, les trois mots devant être lus comme un seul et les deux premiers devant être passés pour arriver à l'essentiel : «the songs».

(6) Voici un deuxième exemple :

(i) «During a testing session, if none of the signals, especially the original courtship song, elicited individual recognition, the session was cancelled.»

Le sens de la phrase serait plus évident si le lecteur rencontrait tout d'abord le sujet et l'action :

(ii) «The testing session was cancelled if none of the signals of the calling bird elicited a response of individual recognition.»

Si la meilleure formulation ne se dévoile pas tout de suite, il faut néanmoins persévérer jusqu'au point où ce que vous voudrez dire s'accorde parfaitement avec ce que va comprendre le lecteur. Il n'est jamais facile de faire d'un language un instrument efficace d'expression. La bonne rédaction n'est accomplie qu'après un long et pénible travail, surtout lorsque l'on ne maîtrise pas la langue utilisée. Il arrive trop souvent qu'une oeuvre méritoire soit refusée par un éditeur anglophone à cause d'une présentation qui lui paraît incompréhensible et qui ne lui permet donc pas de juger de la valeur du travail scientifique.

(7) La nécessité de se faire comprendre est tellement importante en anglais que l'on peut se permettre de répéter certains mots dans la même phrase. Si la tournure n'est pas jolie, du moins on n'a pas perpétré l'erreur fatale de faire une «elegant variation», comme dans ces deux exemples :

(i) «Fifteen pairs layed an egg in 1986 out of 82 birds on the colony, but only two couples reared their chick to fledging.» Remplacer «couples» par «pairs» s'il n'existe pas de différence entre ces deux mots.

(ii) «Estimates obtained by the first method were compared with those deduced from the second technique.» Remplacer «deduced from» par «obtained by» et omettre «technique».

(8) Enfin, il est bon de ses rappeler que les anglophones ont souvent un esprit plus didactique que les français. Par exemple, les fiches de recommandations aux auteurs, appelées «Guide to contributors...», «information for authors...»,

ou «Advice to authors...» et insérées dans chaque revue, ne constituent pas des conseils mais des obligations. Elles comportent des règles de conformité à respecter pour qu'un manuscrit soit accepté dans la revue.

V — LA PRÉSENTATION DE L'ARTICLE

(1) Votre manuscrit doit convenir au style de la revue à laquelle il est destiné, non seulement au niveau du sujet mais aussi au niveau de la présentation. Il faut, alors, viser la revue dès le début. En ce qui concerne la forme, chaque revue a sa manière propre de présenter la liste des références, ou d'utiliser les titres et sous-titres, etc. Chaque élément présenté de façon anormale indispose un peu plus les experts et l'éditeur.

(2) Gagnez donc du temps en lisant attentivement la fiche de recommandations aux auteurs insérée dans la revue. A noter surtout : (i) Que faut-il mettre sur la page du titre ? (ii) Où mettre le résumé ? (iii) Où mettre les légendes des figures (sur une feuille à part après les tableaux, juste avant les figures ?) (iv) La présentation des titres : numérotés ? type de numérotation ? gras ? soulignés ? sans un point à la fin ? avec un espace après le texte qui précédait... (gardez le même code dans tout le manuscrit). (v) Toujours double espacement des lignes. (vi) L'utilisation des abréviations (gardez le même code dans tout le manuscrit). (vii) «Fig. 1» et «Table II [ou 2]» avec la première lettre en majuscule. Écrivez «Figure» en entier quand le mot se trouve en début de phrase. (viii) La présentation des références : dans le texte, une virgule après le nom de l'auteur ? un point-virgule entre plusieurs auteurs et leur ordre suivant l'alphabet ou par année («MacArthur, 1967 ; Wilson, 1975») ? Gardez le même code dans tout le manuscrit. Pour la liste des références à la fin, prenez exemple sur d'autres articles déjà publiés dans la même revue.

(3) Faites attention avec la présentation des paramètres statistiques comme : X^2_1, t_{48} P, S.D., n... Certains sont soulignés et d'autres non, certains sont en majuscule et d'autres en minuscule (gardez le même code dans tout le manuscrit).

(4) Avec un traitement de texte français, n'utilisez pas la césure parce que cela risque de faire des coupures inesthétiques.

VI — LES TABLEAUX

(1) Toujours double espacement des lignes. Mettez le titre du tableau en haut de la page.

(2) N'utilisez pas de traits verticaux pour séparer les colonnes, mais espacez bien les titres des colonnes afin de faire des tableaux lisibles. Prenez exemple sur d'autres articles déjà publiés dans la même revue pour voir comment placer les traits horizontaux.

(3) Dans une colonne de chiffres, utilisez toujours le même nombre de décimales (pour montrer un niveau constant d'efficacité).

(4) Voici en bas de page, l'exemple d'un tableau de plusieurs colonnes qui est néanmoins facile à lire :

VII — UTILISATION DES MOTS

(1) «Information» est toujours au singulier.

(2) «Data» est toujours au pluriel («datum» étant le singulier).

(3) «Important» veut dire «prodigieux» en anglais et non pas «d'un niveau élevé» («a high level»). «Une différence plus importante» se traduit par «a larger difference».

(4) Autant que possible, évitez le mot «occur» («se produire») et ses dérivés, qui ne précisent ni dans quelles circonstances, ni par quel moyen de mesure s'est révélé le phénomène. Par exemple, «this bird occurs throughout France». Remplacez «occurs» par «has been recorded», «is a summer visitor», «breeds», ou «over-winters». Un deuxième exemple souvent rencontré est du type : «The occurrence of rabbit remains in the faeces...» Remplacez «occurence» par «presence», «frequency», «volume», ou «mean weight», etc.

(5) «On the contrary» veut dire «tout au contraire». La conjonction «au contraire» se traduit mieux par «in contrast» ou «on the other hand».

TABLEAU 1. Home range characteristics of the ten most intensively tracked city foxes (average per fox of 1523 fixes over 305 days). Total range was sumkmed from the total...

Fox		No.	Transmitter	Total range	Prevailing	range (ha)	Range drift	(ha/month)
sex	No.	fixes	life (days)	(ha)	mean	SE	Mean	SE
m	1	3427	562	112.0[a]	44.9	0.0	2.71[b]	1.09
m	2	1767	747	163.8[a]	55.0	0.2	2.50[b]	1.02
:	:	:	:	:	:	:	:	:

[a] Excluding excursions
[b] From 19 December 1980 to 23 May 1982.

(6) Les mots complexes portent souvent un tire t (sans espace) : «home-range», «non-significant», «a 3-day period», «under-estimated», «sex-ratio».

(7) Utilisez «the former» et «the latter» (et non pas «the first» et «the last») pour faire appel à une phrases précédente mais, de préférence, répétez la partie de la phrase qui va être traitée de nouveau.

VIII — ORTHOGRAPHE : QUELQUES EXEMPLES

(1) adaptation, adaptive.
(2) aggression, agressive.
(3) analysis, analyses.
(4) comparison.
(5) January, February, March...
(6) occurrence, occurred, occurring.
(7) preference, preferred, preferring.
(8) resource.
(9) significant.
(10) synthesis, syntheses, synthetic, synthesize.

XI — BIBLIOGRAPHIE

ANON, 1983., — *A Guide for Contributors to the Journals and Symposia of the British Ecological Society*. Blackwell Scientific Publ. Oxford UK

ATTAL, J-P., 1987. — *Grammaire et Usage de l'Anglais*. Duculot, Paris.

BERLAND-DELEPINE, S., 1974. — *La Grammaire Anglaise de l'Étudiant*. Ophrys, Paris.

COWIE, A.P. (ed.), 1989. — *Oxford Advanced Lerners' Dictionary of Current English* Oxford University Press, Oxford UK.

DAY, E. A., 1989. — *How to Write and Publish a Scientific Paper (3rd ed.)*. Cambridge University Press.

FOWLER, F.G. & FOWLER, H.W., 1984. — *The Pocket Oxford Dictionary (7th ed.)*. Clarendon Press, Oxford UK

GOWERS, R., 1965 — *Fowler's Modern English Usage (2nd ed.)*. Oxford University Press, Oxford UK.

GREENBAUM, S. & WHITCUT, K., 1988. — *Longmans Guide to English Usage*. Longmans, Harlow UK.

HAMP-LYONS, L. & HEASLEY, B., 1989. — *Study Writing*. Cambridge University Press, Cambridge UK.

HUBBACH, S M., 1985. — *Writing Research Papers Across the Curriculum*. Holt Rinehard & Winston, New York.

JORDAN, R. R., 1980. — *Academic Writing Course*. Collins, London

KAY, M W. (ed), 1976. — *Webster's Collegiate Thesaurus* Merriam-Webster, Massachusetts.

MACDONALD, A. M., 1977. — *Chambers Twentieth Century Dictionary*. Chambers, Edinburgh

MCARTHUR, T., 1981. — *Longmans Lexicon of Contemporary English*. Longsmans, Harlow UK.

MISH, F. C. (ed), 1983. — *Webster's Ninth New Collegiate Dictionary*. Merriam-Webster, Massachusetts.

RODALE, J.I., 1978. — *The Synonym Finder*. Rodale Press, Emmaus Pennsylvania

ROGET, P M., 1987. — *Roget's Thesaurus of English Words and Phrases (3rd ed.)*. Longmans, Harlow UK.

STRUNK, W., Jr., & WHITE, R.B., 1979. — *The Elements of Style (3 rd ed.)* Macmillan, New York.

YATES, C. J. (ed), 1988 — *English for Academic Purposes*. Cassell, London.

BIBLIOTHÈQUE PARIS

SOCIETE D'ECOLOGIE

Reconnue d'utilité publique

Pz 3835

Villiers en Bois le 12 octobre 1990

Cher Collègue,

Vous trouverez dans le prochain numéro du Bulletin de la Société d'Ecologie les comptes-rendus des réunions du Conseil de notre Société, du Bureau de la Fédération Européenne d'Ecologie et du Comité d'organisation du Congrès Européen qui se sont déroulées ces derniers mois. Dès maintenant, il m'a paru utile de vous tenir informé des dates des prochaines manifestations que nous organisons afin que vous puissiez y participer.

Le 20 mars 1991 aura lieu à Paris la réunion de prospective scientifique que la Société Française d'Ecologie envisageait d'organiser. Les projets de relance de l'écologie se multipliant ces derniers mois, nous avons jugé bon, plutôt qu'un bilan des connaissances, d'interroger les différents décideurs et rapporteurs sur leurs projets récents. Ayant "tiré la sonnette d'alarme" (Cf aussi le N° d'octobre de "La Recherche") lors de notre dernière Assemblée Générale par un vote à l'unanimité et l'envoi immédiat d'une motion à différents Ministères et Grands Organismes, il nous a paru constructif de poursuivre notre action par l'organisation d'exposés et débats autour du thème : "L'écologie, vers une nouvelle politique scientifique ?". Il n'y aura aucun frais d'inscription à cette journée pendant laquelle l'Assemblée Générale aura lieu. Les membres de la Société d'Ecologie pourront poser leurs questions, ainsi que les sympathisants qui sont cordialement invités.

Du 1er au 4 juillet 1991, aura lieu à Nantes un colloque organisé par l'Association des Océanographes et la Société d'Ecologie. Ce colloque scientifique aura pour thème "Le littoral : ses contraintes environnementales et ses conflits d'utilisation" (Cf dépliant ci-joint).

Du 7 au 11 septembre 1992, la Fédération Européenne d'Ecologie qui a été constituée cette année organisera avec la Société Française d'Ecologie son premier congrès à Marseille (qui constituera en fait la 6ème manifestation européenne). L'ampleur de cette manifestation a élargi le choix des thèmes encore en discussion. Pour les séances plénières du matin : 1) impacts urbains sur les écosystèmes, 2) génétique écologique et écologie comportementale, 3) risque écologique, 4) base écologique pour la conservation de la biodiversité. Pour les séances parallèles de l'après-midi : 1) contraintes écologiques et stratégies des cycles de vie chez les plantes et les animaux, 2) génétique, dynamique et modélisation des populations dans les habitats fragmentés (métapopulations), 3) intégration entre environnement physique et communautés, 4) approches théoriques de l'écologie et études de cas, 5) dynamique des écosystèmes, changement des paysages et impact humain, 6) dynamique et hétérogénéité, 7) bioénergétique et comportement : tendances dans les tactiques de prospection, 8) perturbations, 9) impact de la déforestation sur les écosystèmes naturels, 10) microbiologie écologique, 11) risques environnementaux du contrôle biologique et du génie génétique.

Vous trouverez aussi dans ce numéro le dépliant de présentation de la Société Française d'Ecologie que nous venons d'éditer et vous recevrez les 2 autres dépliants annonçant les manifestations de mars 91 et septembre 92 avec le prochain N° du Bulletin. D'ores et déjà, retenez ces 3 dates afin de participer au redéploiement de notre discipline, tel que nous essayons de le mettre en oeuvre.

Je vous prie de croire, cher Collègue, en mes sentiments dévoués.

Pierre JOUVENTIN
Secrétaire Général de la Société d'Ecologie
Directeur de l'U.P.R. 4701 du C.N.R.S.
F. 79360 VILLIERS EN BOIS
Tél. : 49.09.61.11
Fax. : 49.09.65.26

SOCIETE D'ECOLOGIE

Reconnue d'utilité publique

Villiers en Bois le 12 octobre 1990

Cher Collègue,

Vous trouverez dans le prochain numéro du Bulletin de la Société d'Ecologie les comptes-rendus des réunions du Conseil de notre Société, du Bureau de la Fédération Européenne d'Ecologie et du Comité d'organisation du Congrès Européen qui se sont déroulées ces derniers mois. Dès maintenant, il m'a paru utile de vous tenir informé des dates des prochaines manifestations que nous organisons afin que vous puissiez y participer.

Le 20 mars 1991 aura lieu à Paris la réunion de prospective scientifique que la Société Française d'Ecologie envisageait d'organiser. Les projets de relance de l'écologie se multiplient ces derniers mois, nous avons jugé bon, plutôt qu'un bilan des connaissances, d'interroger les différents dédicataires et rapporteurs sur leurs projets récents. Ayant "tiré la sonnette d'alarme" (Cf aussi le N° d'octobre de "La Recherche") lors de notre dernière Assemblée Générale par un vote à l'unanimité et l'envoi immédiat d'une motion à différents Ministères et Grands Organismes, il nous a paru concrétiser notre action par l'organisation d'exposés et débats autour du thème : "L'écologie, vers une nouvelle politique scientifique ?". Il n'y aura aucune frais d'inscription à cette journée pendant laquelle l'Assemblée Générale aura lieu. Les membres de la Société d'Ecologie pourront poser leurs questions, ainsi que les sympathisants qui sont cordialement invités.

Du 1er au 4 juillet 1991, aura lieu à Nantes un colloque organisé par l'Association des Océanographes et la Société d'Ecologie. Ce colloque scientifique aura pour thème "Le littoral : ses contraintes environnementales et ses conflits d'utilisation" (Cf dépliant ci-joint).

Du 7 au 11 septembre 1992, la Fédération Européenne d'Ecologie qui a été constituée cette année organisera avec la Société Française d'Ecologie son premier congrès à Marseille (qui constituera en fait le 6ème manifestation européenne). L'ampleur de cette manifestation a élargi le choix des thèmes encore en discussion. Pour les séances plénières du matin : 1) impacts urbains sur les écosystèmes, 2) génétique écologique et écologie comportementale, 3) risque écologique, 4) base écologique pour la conservation de la biodiversité. Pour les séances parallèles de l'après-midi : 1) contraintes écologiques et stratégies des cycles de vie chez les plantes et les animaux, 2) génétique, dynamique et modélisation des populations dans les habitats fragmentés (métapopulations), 3) intégration entre environnement physique et communautés, 4) approches théoriques de l'écologie et études de cas, 5) dynamique des écosystèmes, changements des paysages et impact humain, 6) dynamique et hétérogénéité, 7) bioénergétique et comportement : tendances dans les tactiques de prospection, 8) perturbations, 9) impact de la déforestation sur les écosystèmes marins, 10) microbiologie écologique, 11) risques environnementaux du contrôle biologique et du génie génétique.

Vous trouverez aussi dans ce numéro le dépliant de présentation de la Société Française d'Ecologie que nous venons d'éditer et vous recevrez les 2 autres dépliants annonçant les manifestations de mars 91 et septembre 92 avec le prochain N° du Bulletin. D'ores et déjà, retenez ces 3 dates afin de participer au redéploiement de notre discipline, tel que nous essayons de le mettre en oeuvre.

Je vous prie de croire, cher Collègue, en mes sentiments dévoués.

Pierre JOUVENTIN
Secrétaire Général de la Société d'Ecologie
Directeur de l'U.P.R. 1701 du C.N.R.S.
F. 79360 VILLIERS EN BOIS
Tél. : 49.09.61.11
Fax. : 49.09.65.56

INSTRUCTIONS AUX AUTEURS

(prenant effet pour les textes soumis à partir du 1er janvier 1989)

Le **Bulletin d'Écologie** publie des travaux dans tous les domaines de l'écologie, aussi bien fondamentale qu'appliquée, émanant des membres de la Société d'Écologie. Les articles des collègues étrangers peuvent être rédigés en anglais, allemand, italien ou espagnol.

La longueur d'un article, une fois imprimé, ne doit pas excéder 10 pages du **Bulletin**, figures, tableaux, bibliographie et annexes compris. Toutefois, dans le cas d'articles de synthèse, la longueur pourra atteindre 15 pages imprimées, tout compris. Les textes proposés pour la Tribune ne devront pas excéder l'équivalent de 2 pages imprimées, tout compris. Les résumés de thèses devront tenir en 1 à 2 pages imprimées, y compris d'éventuelles figures ; ils ne devront pas comporter de bibliographie.

Les manuscrits seront fournis en 3 **exemplaires** (original + 2 copies du texte, des figures, tableaux et annexes), sous leur forme définitive. Ils devront être **entièrement dactylographiés** au recto de feuilles 21 × 29,7 cm avec double interligne et marge de 5 cm. Ils devront comprendre, dans l'ordre :

— Le titre ;
— Les noms du ou des auteurs avec les prénoms en toutes lettres ;
— L'adresse complète, ou les différentes adresses si nécessaire ;
— Le résumé en français et le «summary» en anglais, d'une vingtaine de lignes dactylographiées chacun, au plus. Il devra être indiqué si l'article correspond à un travail original ou à une mise au point ;
— La traduction en anglais du titre, ainsi que sa traduction en français si l'article est écrit dans une autre langue ;
— Les mots-clés en français et les «key-words» en anglais ;
— Une proposition de titre courant, en français, ne dépassant pas une quarantaine de signes ;
— Le texte proprement dit, avec mise en évidence des sous-titres et paragraphes et mention dans la marge, au crayon, des passages pouvant être composés en petits caractères. Aucune autre indication typographique ne devra être mentionnée, à l'exception des noms latins des organismes, soulignés d'un trait, et de ceux des auteurs, soulignés de deux traits.

Les tableaux, numérotés en chiffres romains, seront conçus pour pouvoir être clichés directement par l'imprimeur, le cas échéant. Les légendes seront fournies en deux langues, dont le français obligatoirement. Elles seront dactylographiées sur des feuilles distinctes, à la suite.

L'illustration, dessins et photographies, sera numérotée en chiffres arabes. Elle devra être conçue en tenant compte du format du **Bulletin**, en prévoyant des possibilités suffisantes de réduction, notamment en ce qui concerne les lettres, chiffres et symboles. Les **dessins originaux** seront fournis (et non les photocopies). Les illustrations ne devront pas dépasser le format 40 × 30 cm et être expédiées à plat, non enroulées. La réduction souhaitée pour chacune d'elle sera indiquée au crayon, ainsi que la numérotation. Les légendes seront fournies en deux langues, dont le français obligatoirement. Elles seront dactylographiées sur des feuilles séparées, à la suite.

La bibliographie sera présentée conformément aux modèles suivants :

CHITTY, D., PIMENTEL, D. & KREBS, C.J., 1968. — Food supply of overwintering voles. *J. Anim. Ecol.*, 37 : 113-120.

ARTHUR, W., 1987. — *The niche in competition and evolution.* Wiley and Sons, Chichester : 175 p.

GARAY, J. & NATAF, L., 1982. — Microarthropods as indicators of human trampling in suburban forests. *In* : BORNKAMM, R., LEE, J.A. & SEAWARD, M.R.D., (eds), *Urban Ecology*. Blackwell Scientific Publications, Oxford : 201-207.

CLÉMENT, B., 1987. — *Structure et dynamique des communautés et des populations végétales des landes bretonnes.* Thèse de Doctorat ès Sciences, Université de Rennes I : 320 p.

Les auteurs recevront un seul jeu d'épreuves pour correction. Elles devront être retournées à la Rédaction dans un délai de huit jours, accompagnées de la commande de tirés-à-part (il n'est pas fourni de tirés-à-part gratuits). Faute d'un retour dans ce délai, la Rédaction procédera à la correction des épreuves et il ne sera pas commandé de tirés-à-part. Seules les erreurs typographiques devront être corrigées ; **aucune correction d'auteur ne sera acceptée**. En tout état de cause, toute modification (ou addition) sera facturée à l'auteur. Les frais de clichage des photographies sont à la charge de l'auteur (le cas échéant, en spécifier la commande en même temps que celle des tirés-à-part).

Les résumés de thèses devront être dactylographiés en indiquant, dans l'ordre : le nom et le prénom de l'auteur, le titre de la thèse, son nombre de pages, le type de thèse, l'Université, la date de soutenance, la composition du jury. Les épreuves des résumés de thèses sont corrigées par la Rédaction.

Tous les manuscrit qui ne répondront pas aux normes ci-dessus seront retournés à leurs auteurs. Les manuscrits admis sont soumis à deux lecteurs. Les textes proposés pour la Tribune, lieu d'échange d'opinions et de débats scientifiques, sont en principe publiés directement. Toutefois, la Rédaction se réserve le droit de conseiller aux auteurs les améliorations qui lui semblent nécessaires.

SOCIÉTÉ D'ÉCOLOGIE

C/O Secrétariat Faune-Flore
57, rue Cuvier
75231 PARIS CEDEX
Tél. 336.54.22

C.C.P. 30 279 62 D LA SOURCE

TARIF D'ABONNEMENT POUR LE TOME 21-1990

PARTICULIERS :	Cotisation	Abonnement	Total
FRANCE ET C.E.E.	100,00 F	275,00 F	375,00 F
AUTRES PAYS	100,00 F	350,00 F	450,00 F
Étudiants et Stagiaires étrangers en France	50,00 F	140,00 F	190,0 F
COLLECTIVITÉS :	H.T.	T.V.A. 2,1 %	T.T.C.
FRANCE	509,30 F	10,70 F	520,00 F
Agence et Libraires (remise 10 %)	458,37 F	9,63 F	468,00 F
ÉTRANGER	528,89 F	11,11 F	540,00 F
Agences et Libraires (remise 10 %)	476,00 F	10,00 F	486,00 F

IMPORTANT : *Toutes les cotisations doivent être payées directement et de façon impersonnelle à la SOCIÉTÉ D'ÉCOLOGIE.*

29 NOV. 1990